



Bureau d'Etudes G. RABIN
HYDROGÉOLOGIE, GÉOPHYSIQUE

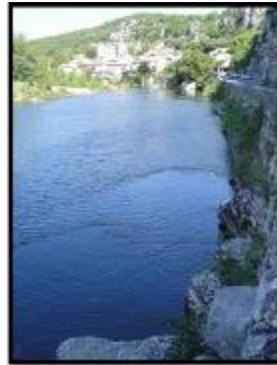


SYNDICAT MIXTE ARDECHE CLAIRE

Etablissement Public Territorial de Bassin
Structure porteuse du SAGE du bassin versant de l'Ardèche
Allée du Château
07 200 VOGÜE



Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche



PHASE 2 :

INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET PROPOSITION D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

Octobre 2016

SOMMAIRE

I	INTRODUCTION.....	16
I.1	GENERALITES	16
I.2	RAPPELS	16
II	PROFIL GEOPHYSIQUE SUR L'UNITE AQUIFERE NORD VOGÛE	20
II.1	INTRODUCTION	20
II.2	BUT ET METHODOLOGIE.....	22
II.2.1	<i>But des investigations géophysiques</i>	<i>22</i>
II.2.2	<i>Méthode et matériel utilisé pour les mesures géophysiques.....</i>	<i>22</i>
II.3	LOCALISATION DES MESURES GEOPHYSIQUES.....	24
II.4	RESULTATS DES MESURES GEOPHYSIQUES	27
II.5	INTERPRETATION ET CONCLUSION DES MESURES GEOPHYSIQUES	33
III	METHODOLOGIE DES TRAÇAGES	37
III.1	TRACEURS UTILISÉS.....	37
III.2	MATÉRIEL ET MESURES.....	40
III.2.1	<i>Fluorimètres G-GUN.....</i>	<i>40</i>
III.2.2	<i>Fluo-capteurs</i>	<i>41</i>
III.2.3	<i>Prélèvements manuels et automatiques d'échantillons d'eau</i>	<i>41</i>
III.2.4	<i>Jaugeages.....</i>	<i>42</i>
III.2.5	<i>Piézométrie de la nappe (sonde piézométrique ou sonde reefnet)</i>	<i>43</i>
IV	TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR NORD VOGÛE.....	44
IV.1	INTRODUCTION	44
-	CARACTERISER LES RELATIONS ENTRE LA GROTTTE DU CABLE ET LES SOURCES DE VOGÛE PAR SURVEILLANCE DU PASSAGE DES TRACEURS INJECTES DANS LA VALLEE DE LA LOUYRE ET DANS LA VALLEE DE L'ÉYROLLE DANS LA ZONE AMONT, ET PAR COMPARAISON DE CES RESTITUTIONS AVEC UN TROISIEME TRACEUR INJECTE DANS LE SIPHON AVAL DE LA GROTTTE DU CABLE. A L'AVANT, LA SURVEILLANCE DU PASSAGE DES TROIS TRACEURS A ETE REALISEE AU DROIT DES SOURCES DU PONTET, DES ESTUGNES ET DES SORTIES SOUS-ALLUVIALES.	45
IV.2	CONDITIONS METEOROLOGIQUES DU TRACAGE SUR NORD VOGÛE.....	48
IV.3	ESSAI DE BILAN SUR LA PERIODE AOÛT 2014 A AOÛT 2015 SUR LE SYSTEME NORD VOGÛE	51
IV.3.1	<i>Appréciation de la surface d'alimentation du système karstique nord-vogüé</i>	<i>52</i>
IV.3.2	<i>Appréciation des pluies efficaces – volumes entrants</i>	<i>53</i>
IV.3.3	<i>Appréciation du ruissellement par la méthode de l'IDPR.</i>	<i>54</i>
IV.3.4	<i>Apports d'autres aquifères.....</i>	<i>56</i>
IV.3.5	<i>Appréciation des quantités d'eau sortie du système</i>	<i>56</i>
IV.3.5.1	<i>Préambule</i>	<i>56</i>
IV.3.5.2	<i>Reconstitution du débit de sortie des sources du Pontet</i>	<i>60</i>

IV.3.5.3	Estimation des volumes de sortie de l'ensemble des trop-pleins et de l'exutoire principal connus.....	62
IV.3.5.4	Essai de bilan du système sur la période août 2014 à août 2015.....	62
IV.3.5.5	Estimation du volume des réserves.....	64
IV.4	RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE.....	68
<i>IV.4.1</i>	<i>Rappel du dispositif mis en œuvre</i>	<i>68</i>
<i>IV.4.2</i>	<i>Restitution des traceurs</i>	<i>71</i>
IV.4.2.1	La sulforhodamine B.....	71
IV.4.2.2	Comparaison des résultats de la restitution de la sulforhodamine B avec ceux de 2003	74
IV.4.2.3	L'acide amino G.....	75
IV.4.2.4	La Fluorescéine.....	77
IV.4.2.5	Comparaison des résultats obtenus en 2015 avec la fluorescéine avec ceux de 2003	79
IV.4.2.6	Récapitulatif des résultats du traçage	80
	82
IV.5	CONCLUSIONS.....	86
V	TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR BASSE-VALLEE DE L'IBIE	92
V.1	LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DE L'UNITÉ KARSTIQUE « VALLÉE DE L'IBIE »....	92
V.2	APPORT DES TRAÇAGES PASSÉS.....	99
V.3	OBJECTIF DU TRAÇAGE « VALLÉE DE L'IBIE » MARS – AVRIL 2016	103
V.4	CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES	105
<i>V.4.1</i>	<i>Relevés météorologiques (précipitations, températures, ETP).....</i>	<i>105</i>
<i>V.4.2</i>	<i>Hydrologie</i>	<i>107</i>
V.4.2.1	Débits de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc	107
V.4.2.2	Débit des sources	108
V.4.2.3	Comparaison des niveaux d'eau de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc et des niveaux d'eau de l'aquifère karstique.....	110
V.5	MOYENS MIS EN ŒUVRE	113
<i>V.5.1</i>	<i>Dates, lieux et quantités de traceur injectées.....</i>	<i>113</i>
<i>V.5.2</i>	<i>Dispositif de surveillance.....</i>	<i>118</i>
V.5.2.1	Points d'eau suivis	118
V.5.2.2	Matériel et mesures	132
a.	Fluorimètres G-GUN	132
b.	Fluo-capteurs.....	132
c.	Prélèvements manuels et automatiques d'échantillons d'eau.....	133
d.	Jaugeages.....	133
e.	Piézométrie de la nappe	134
f.	Débits d'exploitation	134
g.	Mesures de conductivité	134
h.	Données des sondes reefnet	135
V.6	RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE.....	138
<i>V.6.1</i>	<i>Acide Amino G.....</i>	<i>138</i>
V.6.1.1	Passage du traceur	138
V.6.1.2	Masse de traceur restituée	141
<i>V.6.2</i>	<i>Fluorescéine</i>	<i>142</i>
V.6.2.1	Passage du traceur	142
V.6.2.2	Masse de traceur restituée	145
V.7	CONCLUSIONS.....	147

VI TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR DE SAINT-ALBAN-AURIOLLES.... 153

VI.1	INTRODUCTION	153
VI.2	APPORT DES TRAÇAGES PASSÉS.....	157
VI.3	OBJECTIF DU TRAÇAGE « SAINT-ALBAN-AURIOLLES » MAI – JUIN 2016.....	161
VI.4	MÉTHODOLOGIE DU TRAÇAGE « SAINT-ALBAN-AURIOLLES » MAI – JUIN 2016	164
VI.5	CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES	166
VI.5.1	<i>Relevés météorologiques (précipitations, températures).....</i>	<i>166</i>
VI.5.2	<i>Hydrologie</i>	<i>168</i>
VI.5.2.1	Débits du Chassezac à Chaulet	168
VI.5.2.2	Comparaison des niveaux d'eau du Chassezac et de la Beaume vis-à-vis des niveaux d'eau de l'aquifère karstique	169
VI.6	MOYENS MIS EN ŒUVRE	174
VI.6.1	<i>Dates, lieux et quantités injectées</i>	<i>174</i>
VI.6.2	<i>Dispositif de surveillance.....</i>	<i>176</i>
VI.6.2.1	Points d'eau suivis	176
VI.6.2.2	Matériel et mesures	178
a.	Fluorimètres G-GUN	178
b.	Fluo-capteurs et prélèvements.....	183
c.	Complément au "fluorimètre bureau" et analyses au laboratoire	185
d.	Jaugeages des exutoires karstiques	185
e.	Jaugeages des cours d'eau (Chassezac et Beaume).....	188
f.	Piézométrie du karst.....	192
g.	Débits d'exploitation.....	193
h.	Conductivité.....	193
i.	Données des sondes reefnet	199
VI.7	RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE.....	205
VI.7.1	<i>L'Acide Amino G</i>	<i>205</i>
VI.7.1.1	Passage du traceur	207
VI.7.1.2	Masse de traceur restituée	209
VI.7.2	<i>La Sulforhodamine B</i>	<i>212</i>
VI.7.2.1	Passage du traceur	214
VI.7.2.2	Masse de traceur restituée	217
VI.7.3	<i>La Fluorescéine.....</i>	<i>221</i>
VI.7.3.1	Passage du traceur	221
VI.7.3.2	Masse de traceur restituée	226
VI.8	CONCLUSIONS.....	230

VII PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES..... 239

VII.1	INTRODUCTION	239
VII.2	QUELS MOYENS ?	240
VII.3	PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	241
VII.3.1	<i>Propositions d'investigations complémentaires sur l'unité karstique Nord-Vogüé</i>	<i>243</i>
VII.3.1.1	Rappels	243
VII.3.1.2	Des investigations d'ordre quantitatif pour confirmer les potentialités aquifères de cette future ZSNEA.....	245
VII.3.1.3	Des investigations destinées à étudier la réactivité du système, caractériser le potentiel de la ressource et mieux comprendre son fonctionnement.....	247
VII.3.1.4	Des investigations visant à identifier d'autres sorties dans l'Ardèche :	247

VII.3.1.5	Des investigations visant à préciser un bilan E/S :	247
VII.3.1.6	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la future zone de sauvegarde :	248
VII.3.1.7	Des investigations d'ordre qualitatif :	248
VII.3.1.8	Coûts des investigations proposées	248
VII.3.2	<i>Propositions d'investigations complémentaires sur l'unité karstique Saint-Alban-Auriolles</i>	
	251	
VII.3.2.1	Rappels	251
VII.3.2.2	Les traçages réalisés en 2016.....	254
VII.3.2.3	Des investigations d'ordres quantitatifs et qualitatifs :	255
VII.3.2.4	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la zone de sauvegarde :	256
VII.3.2.5	Coûts des investigations proposées	257
VII.3.3	<i>Propositions d'investigations complémentaires sur l'unité karstique Vallée de l'Ibie</i>	258
VII.3.3.1	Rappels	258
VII.3.3.2	Des investigations d'ordre quantitatif et destiné à vérifier les relations l'bie/karst :	260
VII.3.3.3	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la zone de sauvegarde :	260
VII.3.3.4	Des investigations d'ordre qualitatif :	261
VII.3.3.5	Coûts des investigations proposées	262
VII.3.4	<i>Propositions d'investigations complémentaires sur l'unité karstique Gras-Laoul</i>	264
VII.3.4.1	Rappels	264
VII.3.4.2	Des investigations visant à préciser le mode d'alimentation du forage de l'Ilette :	266
VII.3.4.3	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	266
VII.3.4.4	Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du fonctionnement de l'unité karstique	267
VII.3.4.5	Les investigations d'ordre qualitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du fonctionnement de cette unité karstique	269
VII.3.4.6	Coûts des investigations proposées	270
VII.3.5	<i>Propositions d'investigations complémentaires sur la zone de Sauvegarde Exploitée</i>	
	« Belieure »	272
VII.3.5.1	Rappels	272
VII.3.5.2	Des investigations visant à préciser les limites et la vulnérabilité de la zone de sauvegarde Exploitée :	274
VII.3.5.3	Coûts des investigations proposées	274
VII.3.6	<i>Propositions d'investigations complémentaires au sein de la ZSNEA « Trias supérieur St-Privat »</i>	275
VII.3.6.1	Rappels	275
VII.3.6.2	Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques	277
VII.3.6.3	Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée	279
VII.3.6.4	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	279
VII.3.6.5	Coûts des investigations proposées	280
VII.3.7	<i>Propositions d'investigations complémentaires au sein de la ZSE « Vistes »</i>	282
VII.3.7.1	Rappels	282
VII.3.7.2	Les investigations d'ordre pour la délimitation du bassin d'alimentation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques.....	285
VII.3.7.3	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	287
VII.3.7.4	Coûts des investigations proposées	287
VII.3.8	<i>Propositions d'investigations complémentaires au sein de la ZSNEA « Trias supérieur Rosières »</i>	289
VII.3.8.1	Rappels	289
VII.3.8.2	Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques	291

VII.3.8.3	Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée	293
VII.3.8.4	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	293
VII.3.8.5	Coûts des investigations proposées	293
VII.3.9	<i>Propositions d'investigations complémentaires au sein de la ZSE « Pazette »</i>	296
VII.3.9.1	Rappels	296
VII.3.9.2	Les investigations d'ordre pour la délimitation du bassin d'alimentation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques.....	298
VII.3.9.3	Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée	300
VII.3.9.4	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	300
VII.3.9.5	Coûts des investigations proposées	300
VII.3.10	<i>Propositions d'investigations complémentaires au sein de la ZSNEA « Trias supérieur Méridional »</i>	303
VII.3.10.1	Rappels	303
VII.3.10.2	Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques	304
VII.3.10.3	Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée	306
VII.3.10.4	Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :	306
VII.3.10.5	Coûts des investigations proposées	306
VIII	ANNEXES	308

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : les unités karstiques et triasiques de l'étude	17
Figure 2 : coupe géologique interprétative Ouest – Est passant par l'unité karstique Nord Vogüé	20
Figure 3 : coupe géologique Nord - Sud du plateau de Lavilledieu entre la vallée de la Louyre et Vogüé (Source inconnue – reprise par GINGER - 2006)	21
Figure 4 : photographie du matériel de géophysique utilisé pour la campagne de Lussas - Lavilledieu ..	23
Figure 5 : localisation sur fond IGN du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu	24
Figure 6 : contexte géologique du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu	25
Figure 7 : profil en long avec positionnement des électrodes sur le profil géophysique	26
Figure 8 : mise en œuvre de la campagne géophysique - contraintes pour la traversée de la RD avec signalisation routière et feux de chantier – résistivimètre (appareil de mesure) sur site en cours de mesure	27
Figure 9 : mise en œuvre de la campagne géophysique - détail de l'écran du résistivimètre avec les résistivités apparentes apparaissant en coupe 2D au cours de la mesure	27
Figure 10 : gamme des résistivités mesurables	29
Figure 11 : coupe des résistivités calculées sur le profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu	31
Figure 12 : coupe interprétée des résistivités calculées sur le profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu	32
Figure 13 : coupe interprétée d'après les résultats du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu	34
Figure 14 : localisation des résultats du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu et des secteurs pressentis d'intérêt hydrogéologique	36
Figure 15 : Injection de fluorescéine au ruisseau du Baravon (16/03/2016) - traçage vallée de l'Ibie.....	38
Figure 16 : Préparation de l'acide amino G pour injection à la perte du Glouglou (traçage Nord Vogüé, 10/06/2015) et à l'aven de Fontgraze (traçage Saint-Alban-Auriolles, 10/05/2016).....	39
Figure 17 : Passage de la sulforhodamine B à la grotte de Chabanne et au cours d'eau alimenté par la grotte – traçage Nord Vogüé (17/06/2015).....	40
Figure 18 : Fluorimètre GGUN installé au Ranc d'aven (traçage Saint-Alban-Auriolles)	40
Figure 19 : Fluo-capteur installé à la source de l'île (traçage vallée de l'Ibie)	41
Figure 20 : Préleveur automatique (photographie fournisseur et matériel installé au Ranc d'aven)	42
Figure 21 : Photographie fournisseur du courantmètre électromagnétique HYDREKA)	43
Figure 22 : Photographie d'une sonde STS (source : fournisseur), du piézomètre du Bœuf et de sondes reffnet (source : https://reefnet.ca/).....	43
Figure 23 : schéma récapitulatif des traçages positifs réalisés entre 1967 et 2003 sur le système Nord-Vogüé.....	47
Figure 24 : Précipitations mensuelles sur les 5 stations Météo de suivi	48
Figure 25 : Cumul pluviométrique à la station provisoire installée au hameau de Louyre	50
Figure 26 : cartographie de l'IDPR sur le système Nord-Vogüé	55
Figure 27 : évolution des débits de la partie amont du système	58

Figure 28 : suivi du débit en cavité en fonction de la pluviométrie	59
Figure 29 : évolution des débits sur la partie aval du système	59
Figure 30 : mesure des hauteurs d'eau au niveau des sources Estugnes Nord et Sud	61
Figure 31 : suivi du débit de crue aux trop-pleins des Estugnes et du Pontet	61
Figure 32 : représentation de la superficie prise en compte dans l'estimation du volume noyé	65
Figure 33 : représentation des limites de la zone noyée sur une section centrale	66
Figure 34 : représentation géométrique grossière du réservoir aquifère du système Nord-Vogüé	67
Figure 35 : localisation des points d'injection et des points de suivi	69
Figure 36 : Photographies prises lors de l'injection de la fluorescéine à la Combe Rajeau (à gauche) et de la sulforhodamine B à la grotte du câble (à droite) le 10/06/2015.....	70
Figure 37 : Photographies prises lors de l'injection de l'acide amino G à la perte du Glou-Glou (10/06/2015)	70
Figure 38 : Photographies des systèmes de surveillance (préleveur automatique et fluorimètre installés aux sources du Pontet).....	71
Figure 39 : photos de la restitution de la Sulforhodamine B à la grotte de Chabanne (16/06/15)	72
Figure 40 : courbes de restitution de la sulforhodamine B au droit des différents points de suivi	72
Figure 41 : courbes de restitution de l'acide amino G.....	76
Figure 42 : courbe de restitution de la fluorescéine aux sources de Pontet Sud	78
Figure 43 : schématisation des résultats du traçage à la sulforhodamine B.....	82
Figure 44 : schématisation des résultats du traçage à l'acide amino G.....	83
Figure 45 : schématisation des résultats du traçage à la fluorescéine	84
Figure 46 : carte de synthèse des courbes de restitution du traçage Nord-Vogüé	85
Figure 47 : coupe géologique interprétative de la zone noyée sur le système Nord-Vogüé	89
Figure 48 : schématisation des directions et gradients d'écoulement	90
Figure 49 : Localisation géographique de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie ».....	93
Figure 50 : Carte de localisation sur fond IGN 1/25000 ^{ème} des captages AEP, sources, pertes, avens, grottes et failles de l'unité aquifère Vallée de l'Ibie	94
Figure 51 : Evolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau enregistrés par le CDS07 à Rives, Marichard et Raid entre octobre 2013 et mai 2014	97
Figure 52 : Schématisation du profil topographique du lit de l'Ibie et des niveaux de plus basses et plus hautes eaux relevés par le CDS07 à l'occasion des différentes investigations spéléologiques	97
Figure 53 : Récapitulatif des traçages positifs réalisés entre 1983 et 2002 sur l'entité "Vallée de l'Ibie et zoom sur le secteur des campings"	102
Figure 54 : Vue à l'échelle de l'unité karstique des points d'injection et de contrôle sur fond de carte IGN (1/25000 ^{ème}) et géologique (1/50000 ^{ème})	104
Figure 55 : Précipitations et ETP journalières à la station météorologique de Vallon-Pont-d'Arc pour le mois de mars 2016.....	105
Figure 56 : Précipitations et température horaires enregistrés à la station météorologique de Vallon-Pont-d'Arc	106
Figure 57 : Evolution du débit de l'Ardèche et des précipitations au cours du mois de mars 2016.....	108
Figure 58 : Débit des sources suivies.....	109

Figure 59 : Evolution des Niveaux d'eau de l'Ardèche et de l'aquifère karstique (piézomètre du Bœuf et forage Divol)	110
Figure 60 : Niveau d'eau au piézomètre du Bœuf comparés au niveau de l'Ardèche	111
Figure 61 : Niveaux d'eau au piézomètre du Bœuf comparés aux activités des pompes au captage du Bœuf sur 3 jours consécutifs	112
Figure 62 : Coupe de l'aven Vitalie.....	114
Figure 63 : Photographies prises lors de l'injection d'acide amino G à l'aven Vitalie, préparation du traceur (a), vue dans l'aven au point d'injection par les spéléologues (b)	115
Figure 64 : Localisation du point d'injection de fluorescéine	116
Figure 65 : Photographies de l'injection de fluorescéine au ruisseau du Baravon (en haut à gauche : préparation avant injection ; en haut à droite et en bas : quelques minutes après injection).....	117
Figure 66 : Localisation des dispositifs de surveillance du traçage vallée de l'Ibie	119
Figure 67 : Photographie du puits de Mézenc prise en bordure de chemin	120
Figure 68 : Photographie de la source du Tiourre	121
Figure 69 : Points de suivi et dispositifs de surveillance dans la zone de Rives	122
Figure 70 : Photographie de la confluence entre les eaux issues de l'évent de Rives et l'Ibie	123
Figure 71 : Points de suivis dans la zone de Féés/Raid.....	124
Figure 72 : Points de suivis dans la zone de Vallon pont d'Arc	125
Figure 73 : Photographie de la source Carrefour	126
Figure 74 : Photographie du fossé Pracoutel, prise en bordure de route.....	126
Figure 75 : Photographie de la source du Pont de la Combe	127
Figure 76 : Photographie de la source de la confluence	127
Figure 77 : Points de suivis dans la zone du Bœuf	128
Figure 78 : Photographie du captage du Bœuf (forages F1 et F2) prise en rive droite de l'Ardèche	129
Figure 79 : Photographie des sources du Bœuf prises depuis la rive gauche de l'Ardèche (1) et au-dessus de la source amont (2)	129
Figure 80 : Photographie du piézomètre du Bœuf.....	130
Figure 81 : Photographie de la source du camping de l'île	130
Figure 82 : Conductivité des points d'eau suivis	135
Figure 83 : Evolution des hauteurs d'eau au-dessus des sondes reefnet implantées à l'évent de Rives, l'aven des Féés, la grotte du Raid et l'Ibie au Pont du Razal.....	136
Figure 84 : Courbes de restitution de l'acide amino G	139
Figure 85 : Courbe de restitution de la fluorescéine aux sources de Rives, Carrefour, Confluence et Pracoutel	144
Figure 86 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs	151
Figure 87 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs (zoom).....	152
Figure 88 : Localisation géographique de l'unité karstique « St-Alban-Auriolles ».....	154
Figure 89 : évolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau enregistrés par le CDS07 dans le réseau karstique de la Reinette entre novembre 2013 et juin 2014.....	155
Figure 90 : Carte de présentation de la zone aval de l'unité karstique de Saint-Alban Auriolles	156
Figure 91 : récapitulatif des traçages positifs réalisés entre 1969 et 2015 sur le système Saint Alban..	160

Figure 92 : cartes de localisation générale avec sites d'injections et points de suivi de restitution	163
Figure 93 : Evolution de la hauteur d'eau du Chassezac à la station hydrométrique de Chaulet plage (Berrias et Casteljau) et des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rosières entre le 27 avril et le 22 juin 2016	167
Figure 94 : Evolution du débit du Chassezac à la station hydrométrique de Chaulet plage (Berrias et Casteljau) et des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rosières entre le 27 avril et le 22 juin 2016	168
Figure 95 : Chroniques des hauteurs d'eau des rivières et des points d'eau karstiques en m NGF	170
Figure 96 : Chroniques des hauteur d'eau des rivières et des points d'eau karstiques en m NGF et de la pluviométrie en mm/j sur la période de traçage	172
Figure 97 : Photographies de la préparation de l'acide AminoG, de l'injection au fond de l'aven du carrefour de Fontgraze et du dispositif d'injection mis en place dans cet aven	174
Figure 98 : Photographies de l'injection de la sulforhodamine B (en cubitainers) au fond de la perte RB1 et du dispositif d'injection mis en place pour pousser le traceur (cuves)	175
Figure 99 : Photographies des conditions d'accès en canoë au trou Saint Victor (rive gauche du Chassezac) et de l'injection de la fluorescéine (en cubitainers) dans la cavité	175
Figure 100 : Vue d'ensemble des points d'eau suivis lors du multi-traçage St-Alban	177
Figure 101 : Installation du fluorimètre dans le siphon de Bourbouillet (à gauche) et du préleveur à l'exutoire de la source (à droite).....	179
Figure 102 : Installation du fluorimètre et du préleveur à l'exutoire de la source de Ranc d'Avène	179
Figure 103 : Installation du boîtier d'acquisition du fluorimètre à la sortie de Font-Pelouse (à gauche) et de la sonde du fluorimètre dans la vasque en contrebas par les spéléologues (au milieu et à droite).	180
Figure 104 : Boîtier d'acquisition de la sonde du fluorimètre en surplomb de l'entrée de l'aven Fontenille.	181
Figure 105 : Mise en place du fluorimètre dans le réseau Douce Paulette par les spéléologues (à gauche) et grille cadénassée fermant l'accès au réseau (à droite).	182
Figure 106 : Installation du boîtier d'acquisition avec antenne GSM à l'extérieur du forage dans un arbre (à droite) et de la sonde du fluorimètre dans le forage F1 de Gerbial (à gauche)	183
Figure 107 : Installation de la pompe immergée dans le forage F1 de Gerbial pour des prélèvements ponctuels d'eau au fond de l'ouvrage	183
Figure 108 : Débit des sources à faible débit pendant la période du traçage :	186
Figure 109 : Débit des sources à gros débit	187
Figure 110 : Sites de jaugeages de la campagne du 21 juin 2016.....	189
Figure 111 : Carte de localisation des résultats des jaugeages sur le Chassezac le 21 juin 2016	191
Figure 112 : Carte de localisation des résultats des jaugeages sur la Beaume le 21 juin 2016	191
Figure 113 : Carte des altitudes (en m NGF) des exurgences lors de la crue du 10 et 11 mai 2016 (BE RABIN).....	193
Figure 114 : Conductivité moyenne des points d'eau sur la période du traçage	194
Figure 115 : Conductivités et températures mesurées lors des tournées du 2/05 au 30/05/2016.....	195
Figure 116 Conductivité in-situ des points d'eau situés sur la terrasse alluviale de St-Alban – mai/juin 2016	196

Figure 117 Température in-situ des points d'eau situés sur la terrasse alluviale de St-Alban – mai/juin 2016	197
Figure 118 Chronique de conductivité lors de la crue du 3 avril 2016.....	198
Figure 119 Résumé des différentes réactions en conductivité des points d'eau lors d'une crue	199
Figure 120 Suivi continu de hauteur d'eau sur les cours d'eau et le karst.....	200
Figure 121 Suivi sur la période de traçage de la hauteur d'eau des cours d'eau et du karst	202
Figure 122 Suivi en continu de la température sur les cours d'eau et le karst	203
Figure 123 Température de l'eau karstique lors de la crue du 10 -11 mai 2016	204
Figure 124 : Résultats du suivi de restitution de l'Acide Amino G dans le siphon de Bourbouillet.....	205
Figure 125 : Résultats du suivi de restitution de l'acide amino G a la source du Ranc d'Avène	206
Figure 126 : Courbes de restitution de l'acide amino G	208
Figure 127 : Carte bilan du traçage à l'acide amino G	211
Figure 128 : Résultats du suivi de restitution de la Sulforhodamine B dans le siphon de Bourbouillet et des analyses ponctuelles réalisées à la source de Bourbouillet	212
Figure 129 : Résultats du suivi de restitution de la Sulforhodamine B à la source du Ranc d'Avène.....	213
Figure 130 : Photos des sources de Bourbouillet (à gauche / coloration rouge visible) et d'Espeluches (à droite) au moment de la décrue (13 mai 2016)	215
Figure 131 : Courbes de restitution de la Sulforhodamine B	216
Figure 132 : Carte bilan du traçage à la Sulforhodamine B.....	220
Figure 133 : Photographie du passage de la Fluorescéine à l'aven Fontenille (19 mai 2013 à 23h30) ...	222
Figure 134 : Courbe de restitution de la fluorescéine à Fontenille	222
Figure 135 : Courbe de restitution de la fluorescéine	224
Figure 136 : Carte bilan du traçage à la fluorescéine	228
Figure 137 : Carte bilan du traçage à la fluorescéine au niveau du site de Gerbial.....	229
Figure 138 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs	238
Figure 139 : délimitation de la ZSNEA "Nord-Vogüé"	244
Figure 140 : positionnement prévisionnel des profils géophysique sur la ZSNEA « Nord-Vogüé »	246
Figure 141 : coupe géologique E-B' de la partie très karstifiée du karst de St-Alban (Pascal, 1970).....	251
Figure 142 : délimitation de la ZSE « Saint Alban Auriolles »	252
Figure 143 : ZSNEA "Basse Vallée de l'ibie"	259
Figure 144 : délimitation des zones de sauvegarde "Illette" et « Gérige »	265
Figure 145 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité karstique « Gras-Laoul »	268
Figure 146 : délimitation de la ZSE "Belieure"	273
Figure 147 : délimitation de la ZSNEA « trias sup. St-Privat »	276
Figure 148 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Vesseaux »	278
Figure 149 : coupe géologique (B-A') du secteur des forages des Vistes à Saint-Etienne-de Fontbellon	282
Figure 150 : délimitation de la ZSE « Vistes »	284
Figure 151 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Ailhon ».....	286
Figure 152 : délimitation de la ZSNEA « trias sup. Rosières ».....	290
Figure 153 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Rosières ».....	292

Figure 154 : délimitation de la ZSE « Pazette » et de la ZSNEA « Trias Supérieur Méridional »	297
Figure 155 : domaine de recensement des points d'eau sur la moitié nord de l'unité triasique « Lablachère »	299
Figure 156 : domaine de recensement des points d'eau sur la moitié sud de l'unité triasique « Lablachère »	305

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : synthèse des caractéristiques des unités karstiques du Jurassique de la bordure sous-cévenole et des calcaires crétacés du bas-Vivarais.....	18
Tableau 2 : principales caractéristiques des unités triasiques	19
Tableau 3 : tableau de correspondance IDPR/ruissellement	54
Tableau 4 : débits jaugés aux différents points de suivi.....	57
Tableau 5 : débits des sources du Pontet déterminées par les ions majeurs	60
Tableau 6 : estimation des volumes de sortie	62
Tableau 7 : calcul des pluies efficaces entre le 01/08/2014 et le 31/07/2015 - Station d'Aubenas.....	63
Tableau 8 : résultats de la sulforhodamine B	73
Tableau 9 : comparaison des résultats des traçages à la sulforhodamine B entre 2003 et 2015	74
Tableau 10 : résultats de l'acide amino G.....	77
Tableau 11 : résultats de la fluorescéine	78
Tableau 12 : comparaison des résultats des traçages à la fluorescéine en 2003 et 2015	79
Tableau 13 : tableau récapitulatif de l'ensemble des données du multi-traçage.....	81
Tableau 14 : Descriptif des traçages (date et lieu, quantité de traceurs injectés).....	118
Tableau 15 : Liste et résultats des fluo-capteurs analysés	133
Tableau 16 : Récapitulatif du dispositif de surveillance	137
Tableau 17 : Résultats du traçage à l'acide amino G injecté à l'aven Vitalie le 09/03/2016	141
Tableau 18 : Résultats de du traçage à la fluorescéine injectée au ruisseau du Baravon.....	146
Tableau 19 : Descriptif des traçages (date et lieu, quantité de traceurs injectés).....	174
Tableau 20 : tableau des sites équipés de fluorimètres et préleveurs automatiques pour le multi-traçage St-Alban-Auriolles	178
Tableau 21 : sites de suivi fluo-capteurs et prélèvements d'échantillon pour le multi-traçage St-Alban .	184
Tableau 22 : autres sites avec quelques prélèvements d'échantillons effectués dans le cadre du multi-traçage St-Alban.....	185
Tableau 23 : tableau de synthèse des mesures de débits	188
Tableau 24 : Résultats des jaugeages sur le Chassezac et la Beaume le 21 juin 2016	190
Tableau 25 : Résultats sur les points de restitution de l'acide amino G lors du multi-traçage St-Alban en mai-juin 2016	209
Tableau 26 : Résultats sur les points de restitution de la sulforhodamine B lors du multi-traçage St-Alban en mai-juin 2016	218
Tableau 27 : Résultats du traçage à la fluorescéine	227
Tableau 28 : les débits des sources et résurgences importantes de l'unité St-Alban.....	254
Tableau 29 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité St-Alban	254

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: tableau de calcul d'ETR à partir des données de la station d'Aubenas.....	308
Annexe 2 : tableau des débits estimés au niveau des trop-pleins des sources de Vogüé	315
Annexe 3 : tableau de calcul de la masse d'AAG restituée au Câble.....	315
Annexe 4 : tableau de calcul de la masse d'AAG restituée au Pontet.....	316
Annexe 5 : tableau de calcul de la masse de Fluorescéine restituée au Pontet	317
Annexe 6 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée à Chabanne.....	317
Annexe 7 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée aux Poubelles	318
Annexe 8 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée au Pontet.....	318
Annexe 9 : Rapports d'analyse du laboratoire	319
Annexe 10 : Tableau de calcul des débits de l'Ardèche par ions majeurs.....	323
Annexe 11 : Données Météorologiques – Précipitations, température et Evapotranspiration (ETP) journalières à Vallon-Pont-d'Arc.....	324
Annexe 12 : Mesures de débit hebdomadaires à la source du Tiourre et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage.....	325
Annexe 13 : Mesures de débits, conductivité, pH et températures aux points d'eau suivis	326
Annexe 14 : Niveaux d'eau, conductivité, pH et température relevés au forage de M. Divol.....	328
Annexe 15 : Prélèvements journaliers aux captages d'eau potable du Bœuf (source : Suez) et du Tiourre (source : Veolia)	329
Annexe 16: Résultats d'analyse des fluocapteurs	330
Annexe 17: Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au captage du Bœuf.....	337
Annexe 18 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au forage de M. Divol.....	339
Annexe 19 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à l'aven des Fées	340
Annexe 20 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Rives.....	341
Annexe 21 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au captage du Tiourre	342
Annexe 22 : Résultats des échantillons d'eau analysés par spectromètre de luminescence en laboratoire – concentrations en fluorescéine et acide amino G.....	343
Annexe 23 : Données Météorologiques – Précipitations journalières à Rosières :	348
Annexe 24 : Synthèse des débits mesurés ou estimés (l/s) au niveau des points de contrôle :.....	349
Annexe 25 : Mesures de débit hebdomadaires à la source de Bourbouillet et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage	349
Annexe 26 : Mesures de débit hebdomadaires à la source de Ranc d'Avène et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage	351
Annexe 27 : Mesures de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et température ($^{\circ}\text{C}$) ponctuelles :	353
Annexe 28 : tableau de calcul de la masse de Fluorescéine restituée au Ruisseau des Fontaines.....	354

Annexe 29 : tableau de calcul des masses de Sulforhodamine B et d'Acide Amino G restituées à la source de Bourbouillet	354
<i>Annexe 30 : tableau de calcul des masses de Sulforhodamine B et d'Acide Amino G restituées à la source de Ranc d'Avène</i>	355
Annexe 31 : Analyses du laboratoire classées chronologiquement	356
Annexe 32 : Rapports d'analyses du laboratoire	359
Annexe 33: Résultats d'analyse des fluo-capteurs	371
Annexe 34 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au siphon de Douce Paulette	393
Annexe 35 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Font Pelouse	394
Annexe 36 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Bourbouillet	395
Annexe 37 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Ranc d'Avène	396
Annexe 38 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au forage F1 de Gerbial...	397
Annexe 39 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à l'aven Fontenille	398
Annexe 40 : Mesures au "GGUN bureau" des échantillons prélevés	399

I INTRODUCTION

I.1 GENERALITES

Cette étude a pour objectif de délimiter les aquifères stratégiques pour l'alimentation en eau potable. Pour cela une synthèse bibliographique exhaustive a été effectuée en phase 1 de l'étude. Elle a permis de :

- caractériser et hiérarchiser 16 unités aquifères karstiques et triasiques du point de vue de leur fonctionnement hydrogéologique et des pressions anthropiques présentes ;
- évaluer les besoins en eau potable du territoire pour les 30 années à venir et leur localisation dans l'espace.

Cette première analyse a fait cependant ressortir un manque crucial d'informations sur l'ensemble des unités karstiques étudiées (données quantitatives notamment) et montre la nécessité d'acquérir des données complémentaires pour permettre une meilleure compréhension du fonctionnement de ces unités, paramètre indispensable à la préservation de ces ressources pour le futur.

La seconde phase de cette étude est scindée en deux parties :

- la réalisation et l'interprétation d'investigations de terrain en vue de confirmer les potentialités de certaines ressources et de délimiter les zones de sauvegarde correspondantes (phase 3 de l'étude) : 3 secteurs ont été identifiées au préalable comme devant faire l'objet de traçages hydrogéologiques (Nord-Vogüé, Vallée de l'Ibie et Saint-Alban-Auriolles) et de reconnaissances géophysiques (Nord Vogüé). Les résultats de ces investigations ont été intégrés dans les rapports de phase 1 et 3.
- L'identification d'investigations complémentaires à mener en vue d'une éventuelle exploitation de ces ressources souterraines stratégiques.

Remarque : la notion de « zone de sauvegarde » employée dans ce rapport fait référence aux zones identifiées dans le rapport de phase 3.

I.2 RAPPELS

Nous rappelons ci-après, sous forme de cartographie et en tableau de synthèse, les principales caractéristiques des unités karstiques et triasiques étudiées dans le cadre de la première phase.



Figure 1 : les unités karstiques et triasiques de l'étude

Systèmes	Extension des systèmes / impluviums	Mode de Recharge			Exutoires du système			Echanges Nappe-rivière (oui = échange dans les 2 sens)	Présence zone noyée (si possible une estimation du volume)	Débit des principales sources				Appréciation globale du potentiel quantitatif du système				Qualité de l'eau
		Unaire	Binaire (en gras précision sur les pertes de cours d'eau)	Poreux	Sources principales	Sources secondaires	Non identifié			Source	Q min (l/s)	Q moy (l/s)	Q max (l/s)	1 FORT	2 MOYEN	3 FAIBLE	INDICE DE FIABILITE 0/3 = peu fiable 3/3 = très fiable	
Nord Vogüé	calcaire, marneux et basaltique		Ruissellement/Infiltration partie nord coronique, Bourdary, Auzon		Sources du Pontet	NON	PROBABLE	OUI (Louyre)	OUI	Sources de Vogüé (l/sec)	41,61/sec	130 l/sec	439 l/sec	Sud de Lavilledieu	Entre Lussas et Lavilledieu	Vallées Louyre et Eyrolle	2/3	
Sud Vogüé	calcaire				Plusieurs exutoires entre Vogüé et La Ligne : Estinettes, Vieil Audon, Aulagners		OUI	NON	PROBABLE AU NORD DE LA LIGNE	Non mesurable ou mesuré.					Entre Lanas et Servièrre	Sud de Balazuc	1/3	
St-Alban-Auriolles	calcaire et BV amont Chassezac		Plateau Gras, Chassezac, Beaume		Plusieurs sources en rive gauche du Chassezac, dont des sorties sous-alluviales.		PROBABLE	OUI (Chassezac)	OUI	Source sous alluviale du Ranc d'Avène Ruisseau des Fontaines Forages de Gerbail	55 l/sec 500 l/sec 110 l/sec			Secteur des Fontaines à St Alban Auriolles	Secteur Bourbouillet jusqu'au Ranc d'Avène		2/3	BONNE TURBIDITE PONCTUELLE
Sud Chassezac	calcaire		Granzon		Plusieurs sources identifiées : Fontaine de Champclos, Fontaine du Vedel, Fontaine de Boissin, Dragonnière de Banne, source de la Marquise, source du Perrier, Fontaine de Berre		PEUT-ÊTRE	OUI (Granzon)	PEUT-ÊTRE	Fontaine du Champclos Fontaine du Vedel Source de la Marquise Peyrol de Beaulieu	1 l/sec 1 l/sec 2 l/sec 0	- 46 l/sec - -	- - - plusieurs m3/s		Basse vallée du Granzon et Bois de Païolive		1/3	
Viviers-St-Montan	calcaire		Ruissellement et infiltration sur couverture cénoptienne, ruisseau de l'Enfer		Sources de St Montan Pont Double Passeron		OUI	NON	OUI	Source Passeron Source Font Double Forage de Belieure			- - 64 l/sec	Bordure rhodanienne - secteur Viviers			3/3	BONNE
Gras-Laoul	calcaire		Rimouren		Sources de Tourne	NON	OUI	NON	OUI	Sources de Tourne Forage Ilette	2,16 l/sec -	- -	1 000 l/sec 42 l/sec	Bordure rhodanienne entre Bourg-Saint-Andéol et St-Just-d'Ardèche			3/3	BONNE TURBIDITE PONCTUELLE
Vallée de l'Ibie	calcaire et marno-calcaire		Sompe, Ceysette, Salastre, Baravon, Enfer, Pissevieille, Ibie		Source du Moulin, Source de Font-Garou, Source du Tiourre.		OUI	OUI (Ibie)	OUI (PEU PROFONDE)	Source de Tiourre Source du Moulin Source de Font-Garou	1-2 l/sec 2-3 l/sec 2 à 10 l/sec	3,47 l/sec 9 l/sec 11,55 l/sec	- - 500 l/sec	Entre l'Ardèche et Lagorce	Entre Lagorce et Rochecolombe	Retombée occidentale du plateau Saint-Remèze	1/3	
Rive gauche de la Cèze	calcaire		Les Valats		Source des Beaumes et de Monteil		OUI	OUI (Cèze)	??	Source des Beaumes Source Monteil	28 l/sec -	75 l/sec 88 l/sec		Bordure rhodanienne sous couverture - secteur de Pont-saint-Esprit	Gorges de la Cèze		1/3 (secteur Pont-Saint-Esprit) et 0/3 pour le reste	MEDIOCRE RISQUE BACTERIO & TURBIDITE
Rive droite de l'Ardèche	calcaire		Rieussec		Dragonnière, Foussoubie, Bœuf, Fare, Vanmalle		PEUT-ÊTRE	OUI (Ardèche aval)	??	Forage du Bœuf Source du Bœuf	1 à 2 l/sec	50 l/sec	27,8 l/sec -		Gorges de l'Ardèche	Le long des grands accidents structuraux Nord 45°	1/3	BONNE
Rive gauche de l'Ardèche	calcaire		Ruissellements Plateau de Saint-Remèze		Aiguille, Richemale, Platane, Ecluse		PEUT-ÊTRE	OUI (Ardèche aval)	??	Sources Aiguille, Richemale, Platane, Ecluse	1 à 10 l/sec				Gorges de l'Ardèche	Le long des grands accidents structuraux Nord 45° - retombée méridionale du plateau de saint-Remèze	1/3	
Montagne de la Serre	calcaire				Source de la Font Vive et de Régourdet		NON	NON	OUI MAIS FAIBLE RESERVE	Source de Font Vive Source de Régourdet	4 l/sec 0,5 l/sec					Font Vive	1/3	

Tableau 1 : synthèse des caractéristiques des unités karstiques du Jurassique de la bordure sous-cévenole et des calcaires crétaqués du bas-Vivarais

Systèmes	Extension des systèmes / impluviums	Mode de Recharge			Exutoires du système			Echanges Nappe-rivière	Présence zone noyée (si possible une estimation du volume)	Débit des principales sources			Appréciation globale du potentiel quantitatif du système				Qualité de l'eau	
		Unaire	binaire	Poreux	Principaux	Multiples	Non identifié			Source	Q min	Q moy	Q max	1 FORT	2 MOYEN	3 FAIBLE		INDICE DE FIABILITE
Vesseaux	grès					Plusieurs petites sources pour les buttes perchées ou dans les vallées encaissées.	NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Pas de source importante Forages profonds			- 4,2 à 17 l/sec	Forages profonds débutant dans le Lias			2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Ailhon	grès			Perte du ruisseau de Valcroze, perte du pont de Nevissac		Nombreuses sources au débit important dans la vallée encaissée de l'Auzon.	NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Source du Crouzet de Rodes Martinesche Forages Perbost Forages Vistes (F1 et F3) Forage du Juge	Source Source de 2,7 2,45 5,55 - - -	3 - 25 - -	- - - 9,7 l/sec 12,7 et 14,4 l/sec 9,72 l/sec	Vallée de l'Auzon (sources et forages)			3/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Largentière	grès				Sources de la Sigalière et de la Perruquette.		NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI	Source de la Perruquette Source de la Sigalière	10 l/sec 14,3 l/sec	21,1 l/sec 23 l/sec		Exutoire des mines et Trias moyen	Forages profonds débutant dans le Lias		3/3	NON
Rosières	grès			Nombreuses pertes de cours d'eau alimentant le réseau karstique de Chamandre	Source de Chamandre = exutoire du système karstique pour la partie est du Trias moyen.	Plusieurs sources pour les buttes perchées ou dans les vallées encaissées.	NON pour la nappe des grès supérieurs et aquifère poreux prélevé par forages	NON	OUI (TRIAS SUP.) NON (TRIAS MOY.)	Chamandre Abeyradou Labastide-Peyradier Forages profonds	3 l/sec 6 l/sec - -	13,3 l/sec 18,5 l/sec 11 l/sec -	500 l/sec - - 2,8 à 14 l/sec	Chamandre	Plateau de Balbiac		2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES
Lablachère	grès			Pertes possibles mais diffuses sur l'Auzon	Source Coussac - Le Fadas - Le Vignal - Champmajour - Le Pigeonnier Plusieurs petites sources d'exutoire pour les petits systèmes karstiques des buttes perchées.		NON (aquifère poreux prélevé par forages)	NON	OUI (TRIAS SUP.)	Source de Coussac Nombreuses sources au débit limité Forages profonds		18,3 l/sec - -	- - 2,8 à 14 l/sec	Secteur de Joyeuse et Lablachère			2/3	BONNE RISQUE METAUX SULFATES

Tableau 2 : principales caractéristiques des unités triasiques

II PROFIL GEOPHYSIQUE SUR L'UNITE AQUIFERE NORD VOGÜE

II.1 INTRODUCTION

L'unité hydrogéologique karstique Nord Vogüé est composée des calcaires et calcaires marneux du Jurassique supérieur (Malm). Cette unité, localement monoclinale, présente des couches sédimentaires plongeant d'environ 10° vers l'Est-Sud/Est. Les affleurements jurassiques visibles en rive gauche de l'Ardèche traduisent une morphologie dite en « cuesta ».

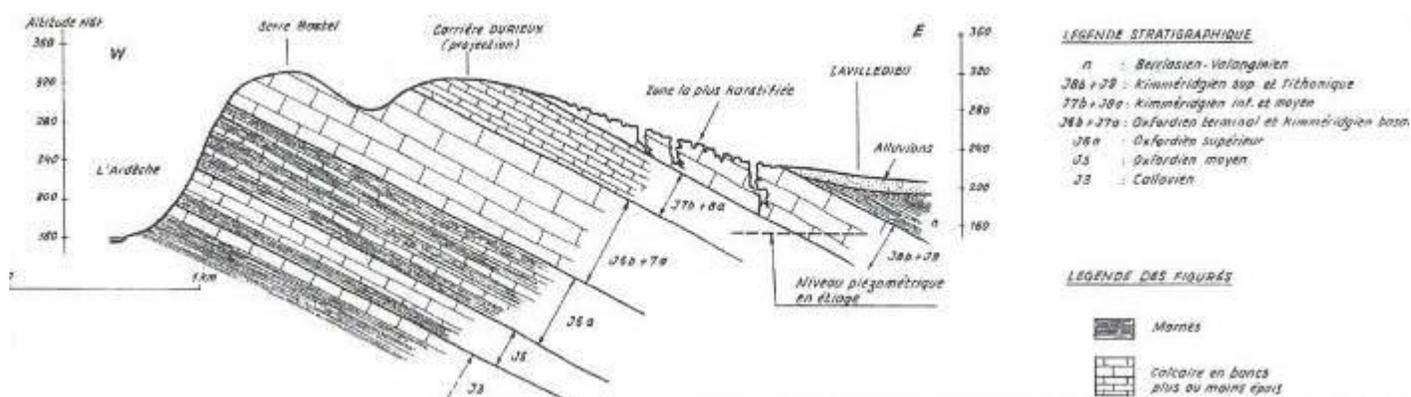


Figure 2 : coupe géologique interprétative Ouest – Est passant par l'unité karstique Nord Vogüé au niveau du village de Lavilledieu (BRGM - 1992)

La partie majoritairement aquifère du système Nord Vogüé est représentée par les formations calcaires situées entre le toit des calcaires de l'Oxfordien supérieur (Terres Noires) et les calcaires du Tithonique à l'affleurement ou sous couverture néocomienne à l'Est et basaltique au Nord, soit une épaisseur potentiellement aquifère d'environ 200m. A la faveur de niveaux calcaires en alternance avec des marnes au sein de l'Oxfordien supérieur et moyen, il est toutefois possible que grâce à des fractures, l'aquifère jurassique repose sur les marnes imperméables du Callovien. L'épaisseur totale de l'aquifère jurassique serait alors potentiellement de l'ordre de 300m.

En l'absence de forages profonds, il est impossible d'évaluer précisément l'épaisseur des différents étages de la série calcaire. Une coupe NNE/SSW d'origine inconnue mais reprise dans la monographie de GINGER (Figure 3) indiquerait de possibles variations du mur de l'aquifère qui pourraient donner naissance à une compartimentation Nord-Sud du système karstique.

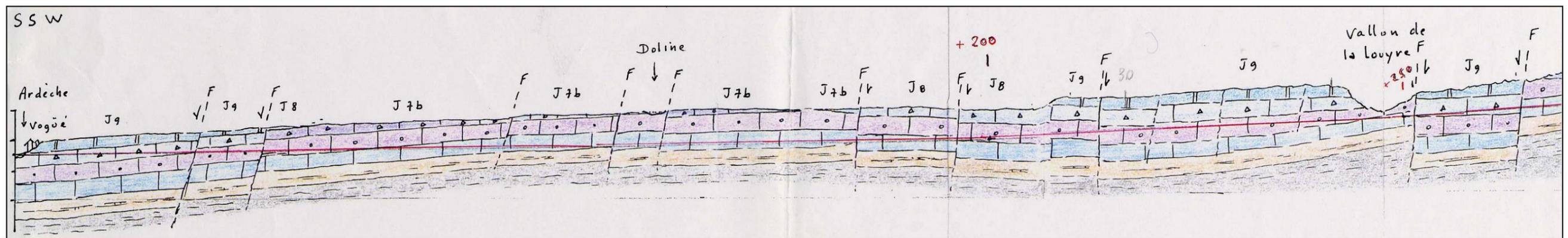


Figure 3 : coupe géologique Nord - Sud du plateau de Lavilledieu entre la vallée de la Louyre et Vogüé (Source inconnue – reprise par GINGER - 2006)

II.2 BUT ET METHODOLOGIE

II.2.1 BUT DES INVESTIGATIONS GEOPHYSIQUES

Le but des mesures géophysiques sur l'unité aquifère Nord Vogüé était donc de mettre en évidence :

- le compartimentage structural des séries jurassiques calcaires,
- et l'interface les séparant des marnes calcaires sous-jacentes (interface supposée entre 100 et 250 m de profondeur).

Ces mesures sont également une première approche pour aider à positionner les sites les plus favorables à l'implantation de sondages de recherche d'eau.

Notre mission consistait donc à réaliser un profil géophysique orienté Nord-Ouest / Sud-Est de 3 km de long pour une profondeur d'investigation de l'ordre de 300 m.

II.2.2 METHODE ET MATERIEL UTILISE POUR LES MESURES GEOPHYSIQUES

La méthode utilisée est celle de l'**Imagerie Electrique**, également connue sous l'appellation plus générale de "**panneaux électriques**" ou tomographie de la résistivité électrique. Cette technique permet d'obtenir le long d'un profil rectiligne une **coupe en continu sur une épaisseur donnée, visualisant les variations de résistivité dans le sous-sol.**

Nous utilisons pour ces mesures le matériel LUND de marque ABEM (Suède) qui comprend :

- un résistivimètre Terrameter LS, batteries 12V et PC de terrain,
- Un jeu de 4 câbles de 16 électrodes en espacement inter-électrodes de 10m, pour un linéaire de 630m,
- 128 électrodes permettant de positionner la suite du profil pendant le temps de mesures,
- ainsi que 20 bobines de câble électrique pour les électrodes à l'infini (pour un total de 10km).

Du fait de la **combinaison de moyens matériels d'acquisition et de traitement très sophistiqués**, l'imagerie électrique est actuellement **très attractive** :

- La méthode est **assez rapide** malgré le grand nombre de mesures nécessaires à l'obtention d'une bonne "image" des variations de la résistivité.
- Les résultats sont très précis puisqu'ils montrent la **répartition des résistivités électriques en profondeur.**

La tomographie de résistivité électrique est donc tout à fait **adaptée au contexte géologique et à la profondeur d'investigation demandée** pour la mise en évidence des marnes oxfordiennes sous les calcaires tithoniques et kimméridgiens tout en mettant en évidence la présence de failles qui affectent les calcaires.

Les mesures s'effectuent en utilisant la configuration classique du quadripôle "ABMN". Le principe de mesure utilise A et B comme électrodes d'injection du courant, et M et N comme électrodes de mesure de potentiel.



Figure 4 : photographie du matériel de géophysique utilisé pour la campagne de Lussas - Lavilledieu

Afin de descendre en profondeur, nous avons fait le choix du système LUND d'ABEM avec un espacement inter-électrode de 10 m tout en utilisant le protocole de mesure du pôle - pôle. Cette configuration nécessite la mise en place de deux électrodes très éloignées du profil rectiligne, ce qui a nécessité plusieurs kilomètres de câble électrique à déployer de part et d'autre du profil.

Afin d'utiliser au maximum le dispositif ainsi mis en place, nous avons effectué plusieurs protocoles de mesure avec le même emplacement d'électrodes pour combiner des mesures à faible profondeur et une très bonne résolution (utile pour mettre en évidence les failles au sein des calcaires) et atteindre la profondeur demandée. Avec ce dispositif, la profondeur d'investigation théorique est proche des 400 m. Les mesures ont donc été réalisées sur le profil de 3 km de long avec les configurations suivantes (protocoles de mesures) : Wenner / Schlumberger, dipôle - dipôle, pôle - dipôle et le pôle - pôle.

Ainsi, le dispositif LUND de 64 électrodes espacées de 10 m avait une longueur de 630 m. Une fois les protocoles de mesures terminés pour une position donnée des 4 câbles, nous avons utilisé la technique du "roll along" en déplaçant le premier câble, et ainsi refaire de nouvelles mesures avec un dispositif de mesure (toujours long de 630 mètres avec 64 électrodes), mais décalé de 16 électrodes. Ceci permet d'allonger le profil de mesure jusqu'à la longueur totale demandée sans perdre d'informations en profondeur. Au final le profil géophysique effectué atteint 3030 m de long et a été réalisé avec **304 électrodes alignées sur le profil** (303 espacements de 10 m).

A noter que la mise en place des électrodes de mesure et des électrodes à l'infini a demandé beaucoup de temps du fait des distances mais aussi afin d'améliorer les contacts au niveau de chaque électrode, car la zone d'étude présente l'inconvénient de disposer d'un sol peu épais ou inexistant par endroits. Cette étape était primordiale pour faire des mesures de qualité.

II.3 LOCALISATION DES MESURES GEOPHYSIQUES

En complément de la phase 1 de notre étude (synthèse bibliographique) et du traçage hydrogéologique à réaliser sur la même unité karstique, le profil a été implanté au Nord de la zone industrielle de Lavilledieu, pour s'affranchir des risques potentiels de pollution à partir de ce secteur et donc disposer d'une information sur la structure souterraine en amont de la ZI.

Les mesures géophysiques ont été réalisées du 1^{er} au 9/02/2016 avec une équipe de 4 personnes du bureau d'études hydrogéologiques RABIN d'AUBENAS (07).

Le profil géophysique mesure 3030 m de long et a été implanté sur les communes de Lussas et Lavilledieu. Les mesures ont débuté à l'électrode 1 au Sud-Est pour se terminer à l'électrode 304 au Nord-Est.

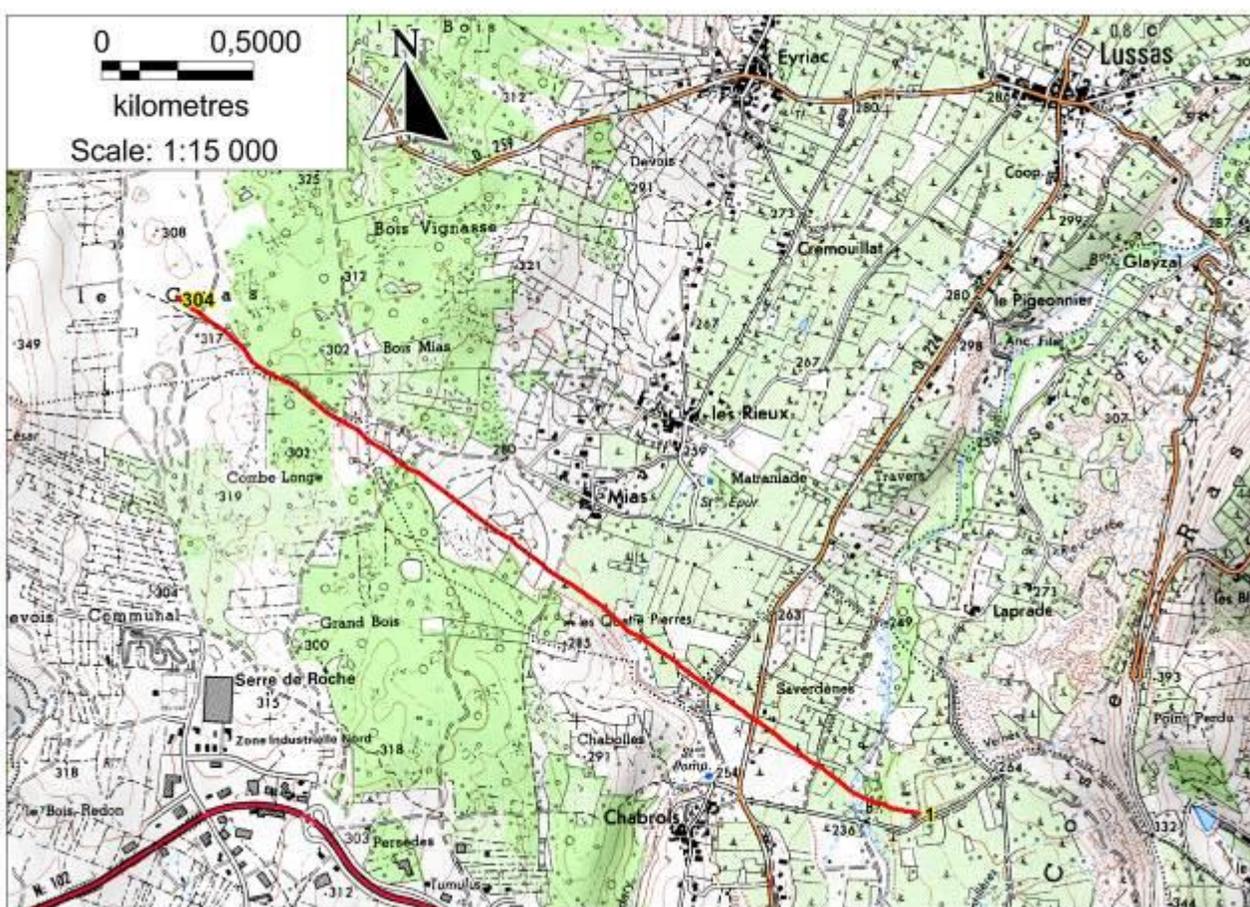


Figure 5 : localisation sur fond IGN du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu

Le contexte géologique du profil géophysique réalisé est le suivant :

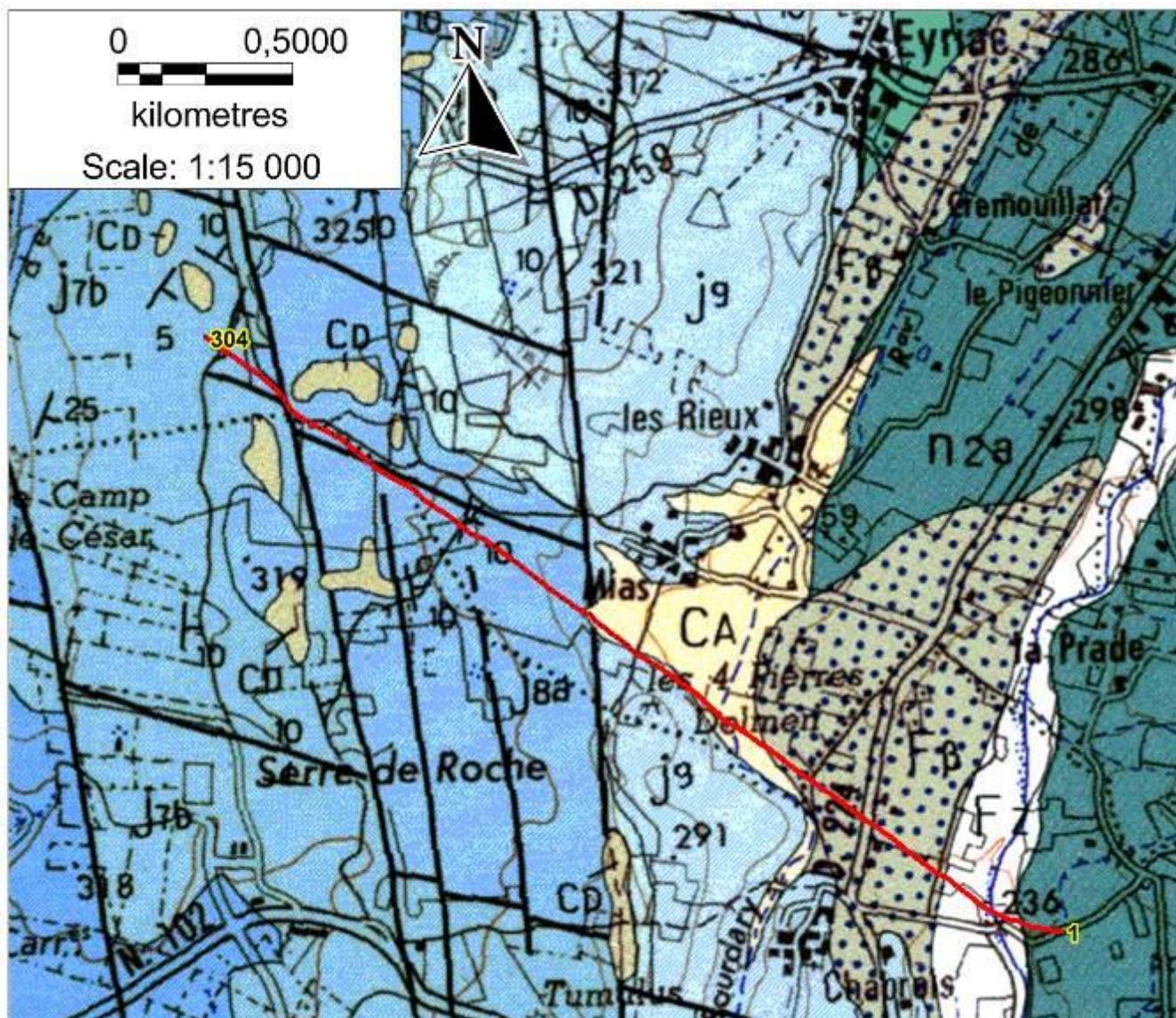


Figure 6 : contexte géologique du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu

Les mesures ont débuté par l'extrémité sud-est à l'électrode 1 (Figure 7) sur les marno-calcaires valanginiens qui n'affleuraient pas sur notre profil, mais à quelques dizaines de mètres au sud de ce dernier dans le lit de l'Auzon. Sur notre profil, un sol cultivé assez argileux et peu épais recouvrait ces marno-calcaires.

Dès l'électrode 23 (Figure 7), le profil a traversé la vallée de l'Auzon et a donc rencontré à l'affleurement les alluvions déposées par l'Auzon. Ces alluvions à galets basaltiques s'étendent presque jusqu'au Bourdary et sont recouvertes d'un sol cultivé (pré, luzerne, vignes). Aucun affleurement n'est visible, et cette vaste étendue d'alluvions masque le contact entre le néocomien (marno-calcaires) et les calcaires jurassiques (bien visibles plus au Sud)

Un peu avant de traverser le Bourdary, le profil traverse toujours des cultures (prairie, luzerne...) établies sur le recouvrement argileux. Au sud du hameau de Mias, le profil se poursuit sur le recouvrement argileux avec toutefois ponctuellement des affleurements calcaires du Tithonique seulement au niveau de quelques pointements moins érodés.

Le profil prend un peu d'altitude et traverse un grand parc à chevaux à l'intérieur duquel les calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen (j_{8a}) sont sub-affleurants à affleurants : la végétation de garrigue y est caractéristique et aucune culture n'est possible. Le profil continu vers le Nord-Ouest dans un grand parc temporaire à vaches où il y a de moins en moins de sol et les calcaires sont de plus en plus affleurants.

Dans le secteur qui tangente la piste carrossable, les calcaires affleurent et sont très karstifiés, la progression y est délicate par endroits du fait du paysage ruiniforme.

A l'électrode 272 (Figure 7), on reste dans le parc à vaches mais on quitte le relief ruiniforme et finissons le profil dans une étendue dégagée avec de nombreuses broussailles et épineux typique de la garrigue : il s'agit du Kimméridgien inférieur (j_{7b}), caractérisé par une alternance de calcaires et de calcaires grumeleux, mais les affleurements sont rares. Le profil se termine à l'extrémité nord-ouest à l'électrode 304.

A noter que le pendage général est plutôt Sud-Est de 5 à 10°, donc de l'électrode 304 vers l'électrode 1, et que la carte géologique mentionne de grandes failles sur la moitié ouest du profil, zone où les calcaires sont à l'affleurement.

L'implantation de ce profil a été adaptée après avoir fait de nombreuses reconnaissances sur site, pour tenir compte des conditions d'accès, de la présence de parcelles cultivées de manière saisonnière (luzerne), des parcs à chevaux et vaches avec l'impossibilité de réaliser les mesures au milieu des chevaux (animaux déplacés le temps de notre campagne de mesures) et des autorisations préalables obtenues des propriétaires fonciers mais également des exploitants des réseaux enterrés existants (DICT préalables), notamment avec le réseau GRT Gaz que notre profil traverse à la verticale.

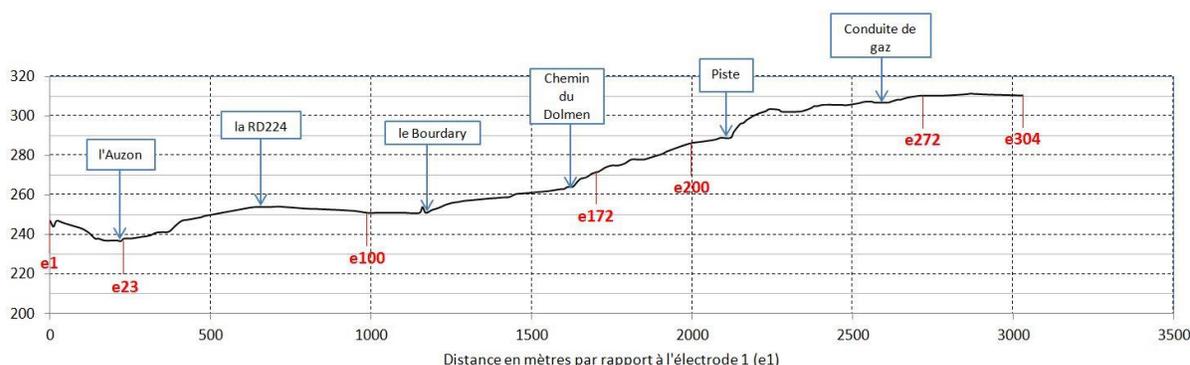


Figure 7 : profil en long avec positionnement des électrodes sur le profil géophysique

Hormis les autorisations foncières qui ont été très longues à obtenir, une contrainte importante pour la réalisation de ce profil a été la traversée de la route Lavilledieu – Lussas avec l'obtention préalable d'une autorisation de chantier, mais surtout la mise en place de feux de chantier et de la signalisation routière appropriée.

II.4 RESULTATS DES MESURES GEOPHYSIQUES



Figure 8 : mise en œuvre de la campagne géophysique - contraintes pour la traversée de la RD avec signalisation routière et feux de chantier – résistivimètre (appareil de mesure) sur site en cours de mesure



Figure 9 : mise en œuvre de la campagne géophysique - détail de l'écran du résistivimètre avec les résistivités apparentes apparaissant en coupe 2D au cours de la mesure

Le nombre de mesures effectuées selon les différents protocoles a été le suivant :

- Schlumberger / Wenner / dipôle - dipôle : 10363 mesures ;
- Pôle - dipôle : 18124 mesures ;
- Pôle - pôle : 15621 mesures ;
- Soit un total de 44108 mesures pour le profil de 3030 m de long (304 électrodes).

L'ensemble des données a été assemblé avec les mesures exécutées selon les différents protocoles permettant ainsi d'avoir la meilleure résolution possible tout en obtenant des mesures en profondeur. Les mesures géophysiques ont ensuite été traitées à l'aide des logiciels IX1D, X2IPI et le logiciel d'inversion Res2D-Inv, de manière à calculer par itérations successives les résistivités vraies à partir des résistivités apparentes mesurées. Les données ont été traitées avec plusieurs filtres.

Cette technique permet d'obtenir le long d'un profil rectiligne une **coupe en continu sur une épaisseur donnée, visualisant les variations de résistivité électrique dans le sous-sol.**

Chacune des 304 électrodes a été géo-référencée et l'altitude de chacune a permis de traiter les données en corrigeant les effets induits par la topographie.

Pour le profil, la coupe des résistivités vraies calculées est présentée sur la Figure 11:

- Sur 3030 m de long de l'électrode 1 (au Sud-Est) à l'électrode 304 au Nord-Ouest ;
- Avec une profondeur d'investigation de l'ordre de 400 mètres de profondeur.

La coupe est représentée en fonction de l'altitude en mètres NGF (la précision est toutefois faible), facilitant l'interprétation hydrogéologique puisqu'on peut comparer les altitudes du profil avec celles des sources et réseaux karstiques connus.

A noter que pour faciliter la lecture, l'échelle verticale est 2,5 fois plus grande que l'échelle horizontale. Cette représentation n'est pas fidèle à la réalité et est donc trompeuse pour les pentages (inclinaisons des couches) qui apparaissent exagérés.

Cette coupe permet de visualiser les variations des résistivités au sein du sous-sol, ce qui permet d'appréhender la **structure souterraine du secteur investigué selon ses propriétés électriques.**

Les couleurs chaudes (rouge au violet) permettent d'illustrer les terrains disposant d'une grande résistivité (terrain souvent massif, peu altéré ; il peut également s'agir de vide dans le terrain [cavité naturelle ou artificielle]) et au contraire les couleurs froides (vers le bleu de plus en plus sombre) témoignent des terrains moins résistants (par opposition ils sont donc plus conducteurs).

Ces terrains conducteurs correspondent à des zones très altérées, très fracturées, karstifiées, des zones humides ou de l'argile et des marnes. Certains vides peuvent apparaître très conducteurs s'ils sont remplis d'eau ou si leurs parois sont simplement humides.

Voici la gamme des résistivités mesurables :

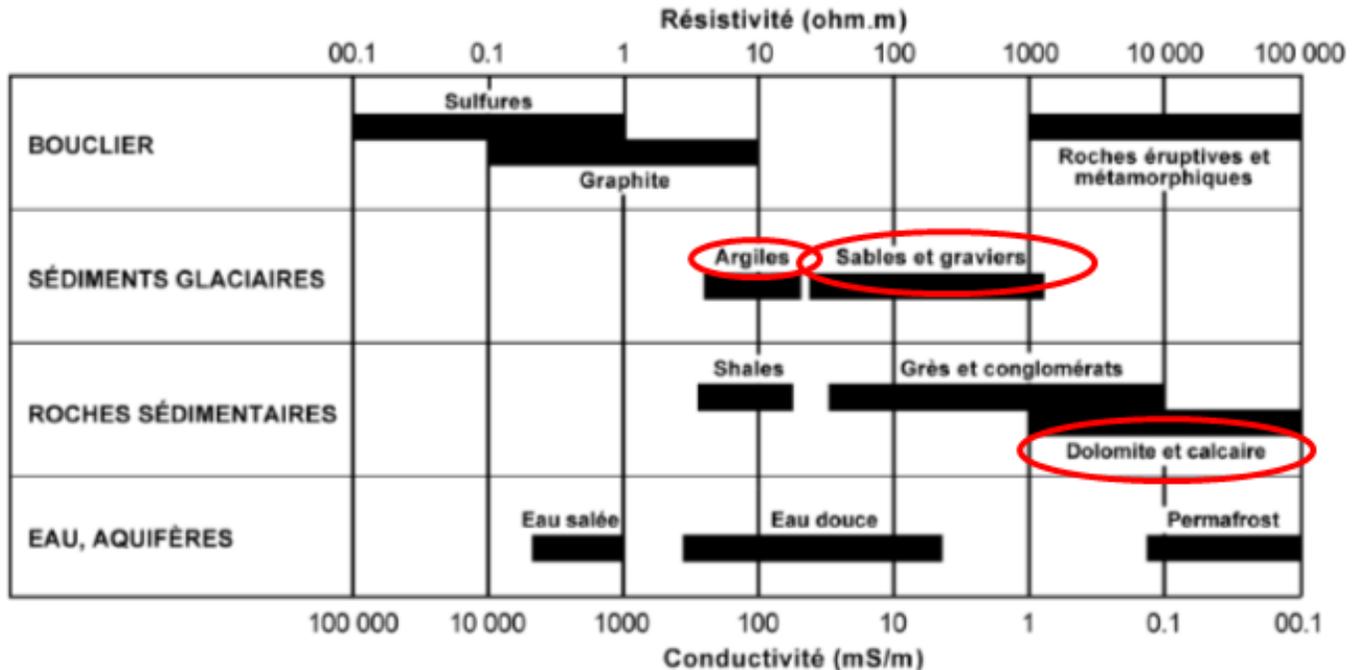


Figure 10 : gamme des résistivités mesurables

Nous attirons l'attention sur la lecture prudente des valeurs de résistivités ; ce sont des valeurs relatives, qui servent surtout à comparer les différents compartiments mis en évidence. Ces mesures doivent être interprétées en terme de variations entre elles et donc de zones homogènes et d'anomalies conductrices ou résistantes au sein de ces dernières.

La Figure 11 représente sur le profil de 3030 m de long plusieurs zones de résistivités assez homogènes avec des variations latérales (le long du profil) et en profondeur :

✓ **SECTEUR 1** : Au Nord-Ouest du profil de 2000 à 3030 m (électrodes 201 à 304) :

- **sur les 50 à 100 premiers mètres en profondeur, un niveau hétérogène se dessine, avec des résistivités majoritairement comprises entre 500 et 750 ohm.m (vert clair)** mais ponctuellement des anomalies conductrices (résistivités minimales de 20 ohm.m) ; en surface les résistivités changent tout de même localement : entre 300 et 500 ohm.m de 2620 à 3030 m, très conducteur entre 2270 et 2620 m et plus résistant en surface de 2120 à 2270 m correspondant clairement au petit massif calcaire en relief ;
- au-dessous du niveau précédemment décrit, **un niveau plus résistant** avec des résistivités plutôt comprises entre 750 et 2000 ohm.m et d'une épaisseur constante d'environ 125 m, incliné de l'ordre de 7% vers le Sud-Est ;
- **en profondeur, un niveau très conducteur** s'individualise, avec des résistivités très faibles et comprises **entre 20 et 300 ohm.m** à partir de 200 m de profondeur pour l'extrémité nord-ouest et

vers 275 m de profondeur sous l'électrode 201 (inclinaison de l'ordre de 7% vers le Sud-Est) ;

- ✓ **SECTEUR 2** : Dans la partie comprise entre 1720 et 2000 m (électrodes 173 à 201) :
 - **jusqu'à environ 10 m de profondeur, un niveau très conducteur (bleu)**
 - au-dessous entre 10 et 75 m de profondeur, **un niveau très résistant** avec des résistivités supérieures à 5000 ohm.m ;
 - **en profondeur, un niveau conducteur** : entre 125 et 175 m de profondeur, les résistivités sont très faibles (entre 50 et 200 ohm.m), puis au-delà de 175 m et jusqu'à 400 m de profondeur (base de la zone investiguée) les résistivités restent entre 200 et 300 ohm.m ;

- ✓ **SECTEUR 3** : Dans la partie sud-est du profil de 0 à 1720 m (électrodes 1 à 173) :
 - **un niveau très conducteur (bleu) avec de très faibles résistivités (entre 20 et 50 ohm.m)** dont l'épaisseur augmente en allant vers le Sud-Est ; **la base de ce niveau conducteur s'enfonce vers le Sud-Est (pendage d'environ 7 à 8%)** et atteindrait 130 m au plus profond sous l'électrode 43 (420 m) – on note au sein de celui-ci localement quelques valeurs de résistivités allant jusqu'à 500 ohm.m ;
 - **sous le niveau très conducteur précédemment décrit, un niveau résistant s'individualise avec des résistivités entre 500 et 10000 ohm.m, toujours incliné vers le Sud-Est et sur une épaisseur d'environ 150 m ; ce niveau remonte toutefois vers le début du profil tout en s'amincissant légèrement**
 - **en profondeur, un niveau très conducteur** s'individualise, avec des résistivités très faibles et comprises **entre 20 et 300 ohm.m** à partir de 200 à 250 m de profondeur selon le secteur ; ce niveau semble très similaire à celui noté sur le secteur 1 (entre 2000 et 3030 m de notre profil, soit les électrodes 201 à 304).

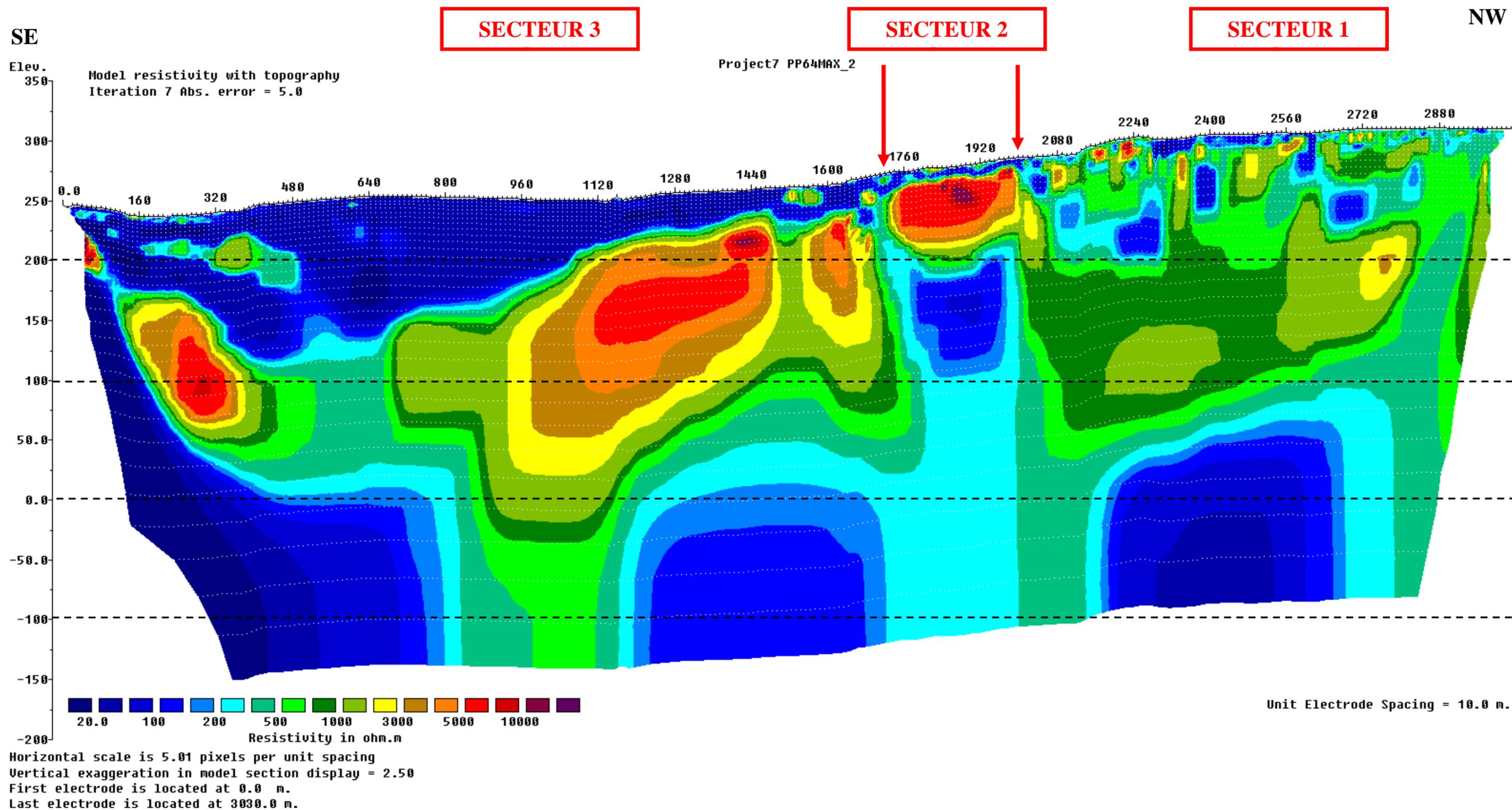


Figure 11 : coupe des résistivités calculées sur le profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu

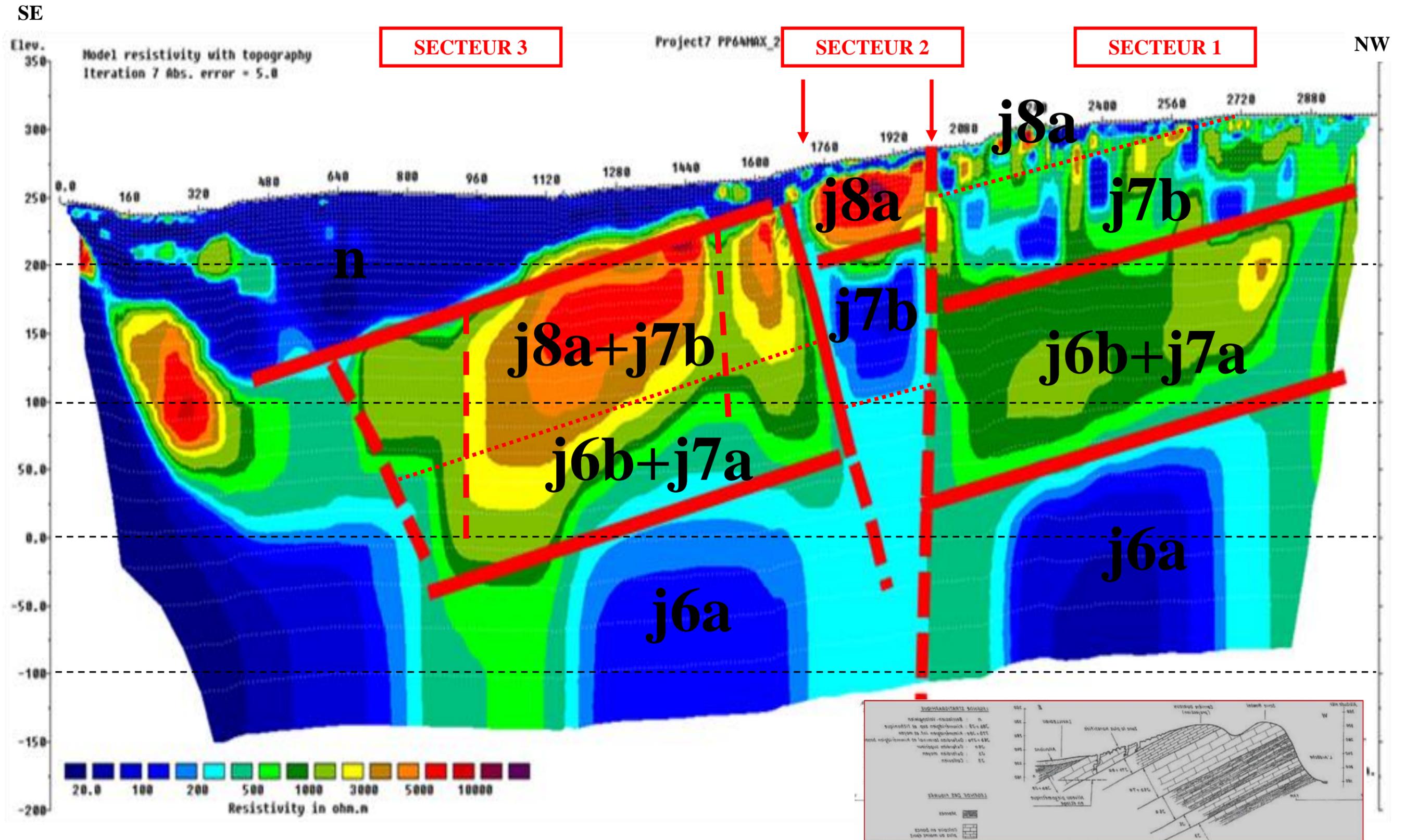


Figure 12 : coupe interprétée des résistivités calculées sur le profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu

II.5 INTERPRETATION ET CONCLUSION DES MESURES GEOPHYSIQUES

La Figure 13 représente l'interprétation proposée des variations de résistivités sous le profil de 3030 m de long, sur 400 m de profondeur, sur la base des observations sur le terrain, soit la lithologie, la fracturation et la karstification visible à l'affleurement. Faute de forage présent dans le secteur, il est impossible pour l'instant de vérifier cette interprétation et d'affirmer qu'elle correspond bien à la géologie. Nous proposons l'interprétation suivante :

- ✓ **SECTEUR 1** : Au Nord-Ouest du profil de 2000 à 3030 m (électrodes 201 à 304) :
 - sur les 50 à 100 premiers mètres en profondeur, le niveau hétérogène avec des résistivités majoritairement comprises entre 500 et 750 ohm.m (vert clair) correspondrait aux alternances de calcaires et calcaires grumeleux du Kimméridgien inférieur (j_{7b}) affleurent au début du profil et qui s'enfonce ensuite avant 2720 m. Entre 2000 et 2720 m, **les calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen (j_{8a})** sont sub-affleurants : assez massifs en relief de 2120 à 2270 m, alors qu'ils sont très karstifiés (relief ruiniforme) à l'affleurement et apparaissent donc très conducteurs entre 2270 et 2620 m ; l'hétérogénéité notée au niveau des résistivités reflètent les variations de lithologie mais surtout dans ce secteur la fracturation et la karstification qui affectent les calcaires
 - au-dessous du niveau précédemment décrit, le niveau plus résistant épais d'environ 125 m et incliné de l'ordre de 7% vers le Sud-Est pourrait correspondre aux **calcaires lités du Kimméridgien basal et Oxfordien terminal (j_{6b}+j_{7a}) qui apparaissent assez homogènes et donc apparemment assez massifs ;**
 - en profondeur, le niveau très conducteur est attribué aisément aux **marnes épaisses de l'Oxfordien supérieur (j_{6a})** que l'on trouve à partir de 200 m de profondeur pour l'extrémité nord-ouest et vers 275 m de profondeur sous l'électrode 201 (inclinaison de l'ordre de 7% vers le Sud-Est) ; les résistivités basses mesurées jusqu'à la base de notre profil (400 m de profondeur) peuvent correspondre aux **marnes callovo-oxfordiennes ;**
- ✓ **SECTEUR 2** : Dans la partie comprise entre 1720 et 2000 m (électrodes 173 à 201) les calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen (j_{8a}) sont toujours sub-affleurants :
 - jusqu'à environ 10 m de profondeur, le niveau très conducteur (bleu) pourrait correspondre à une accumulation d'argile en surface et/ou d'une karstification superficielle ;
 - au-dessous entre 10 et 75 m de profondeur, le niveau très résistant (> 5000 ohm.m) correspondrait aux même **calcaires j_{8a} mais cette fois massifs (non fracturés) ;**
 - en profondeur, le niveau conducteur présent entre 125 et 175 m de profondeur ne peut pas correspondre à des calcaires, alors que la succession des épaisseurs notées conclurait aux calcaires j_{7b}. Cette partie du profil ne pourrait s'expliquer que par un changement de lithologie ou à une intense karstification ;
- ✓ **SECTEUR 3** : Dans la partie sud-est du profil de 0 à 1720 m (électrodes 1 à 173) :
 - **les accumulations d'argile, puis les dépôts d'alluvions à matrice argileuse et enfin les marnes et**

marno-calcaires néocomiens ne se différencient pas et correspondent à l'ensemble très conducteur (bleu) dont l'épaisseur augmente en allant vers le Sud-Est. Les variations de résistivités locales correspondent aux changements de lithologie

- dessous, le niveau résistant avec des résistivités entre 500 et 10000 ohm.m, toujours incliné vers le Sud-Est et épais d'environ 150 à 200 m pourraient correspondre aux **calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen (j_{8a})** et les **alternances de calcaires et calcaires grumeleux du Kimméridgien inférieur (j_{7b})**, et **plus en profondeur aux calcaires lités du Kimméridgien basal et Oxfordien terminal (j_{6b}+j_{7a})** ;
- en profondeur, le niveau très conducteur peut être attribué aux **marnes épaisses de l'Oxfordien supérieur (j_{6a})** voire aux **marnes callovo-oxfordiennes** que l'on trouve à partir de 200 m de profondeur pour l'extrémité nord-ouest et vers 275 m de profondeur sous l'électrode 201 (inclinaison de l'ordre de 7% vers le Sud-Est) ; les résistivités basses mesurées jusqu'à la base de notre profil (400 m de profondeur) pourraient correspondre.

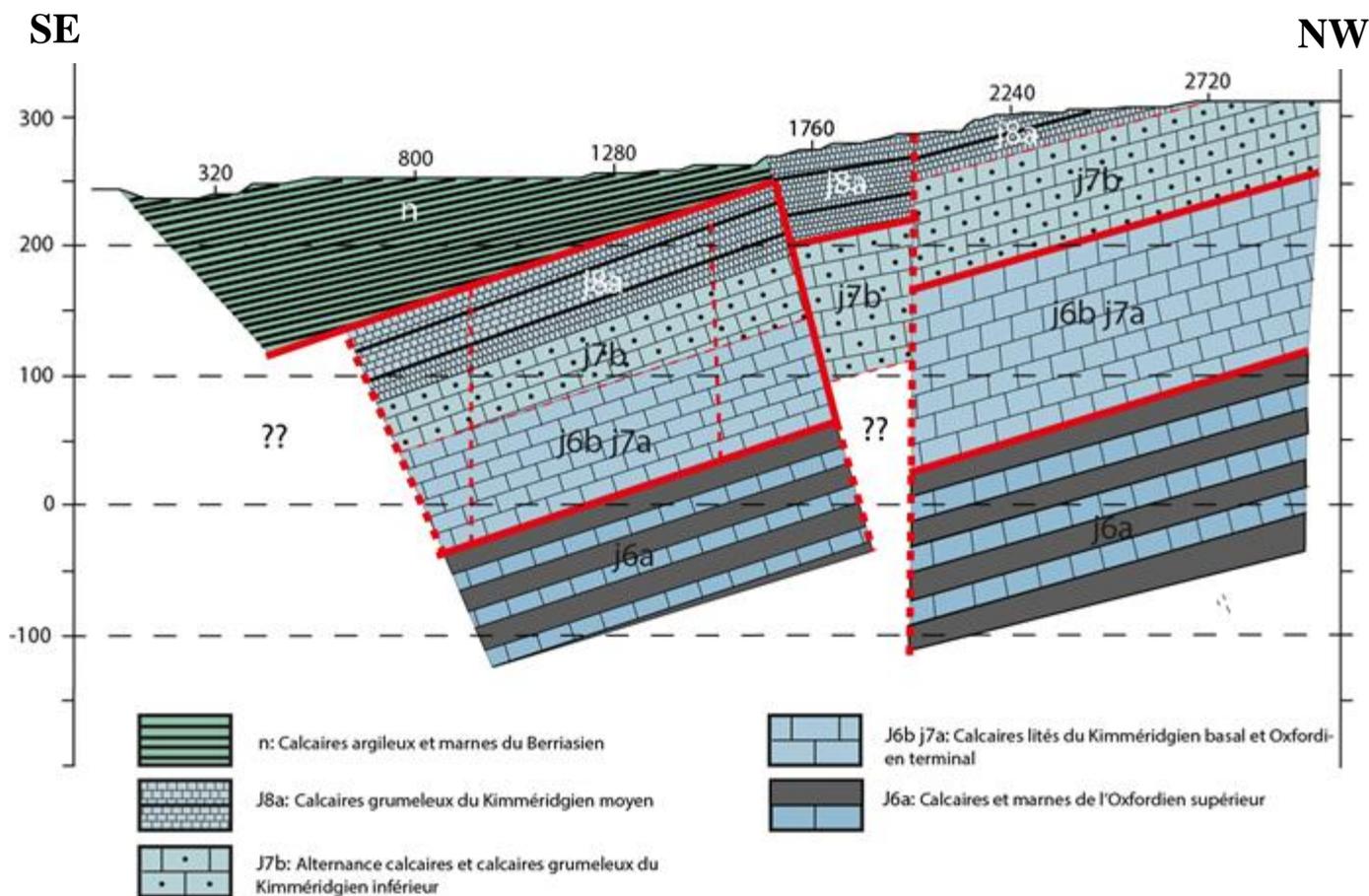


Figure 13 : coupe interprétée d'après les résultats du profil géophysique réalisé à Lussas et Lavilledieu

N.B. : Aucun forage n'existe dans ce secteur empêchant tout calage. Cette coupe constitue donc une interprétation possible des résistivités mesurées sous le profil géophysique de 3030 m de long pour une investigation de 350 à 400 m de profondeur.

Cette interprétation fait apparaître clairement plusieurs secteurs affectés de grandes failles :

- sous l'électrode 201 (2000 m sur le profil) une faille sub-verticale ;
- sous l'électrode 173 (1720 m sur le profil) une autre faille importante inclinée ;
- sous les électrodes 65 à 81 (640 à 800 m sur le profil) une autre faille importante inclinée qui affecterait les calcaires en profondeur, mais masquée en surface ;

Sans oublier que :

- le secteur 1 (compris entre les électrodes 201 et 304) est clairement très fracturé et karstifié jusqu'à environ 100 m de profondeur ;
- d'autres failles affecteraient aussi les calcaires en profondeur du secteur 3 (vers 920 et 1500 m sur le profil).

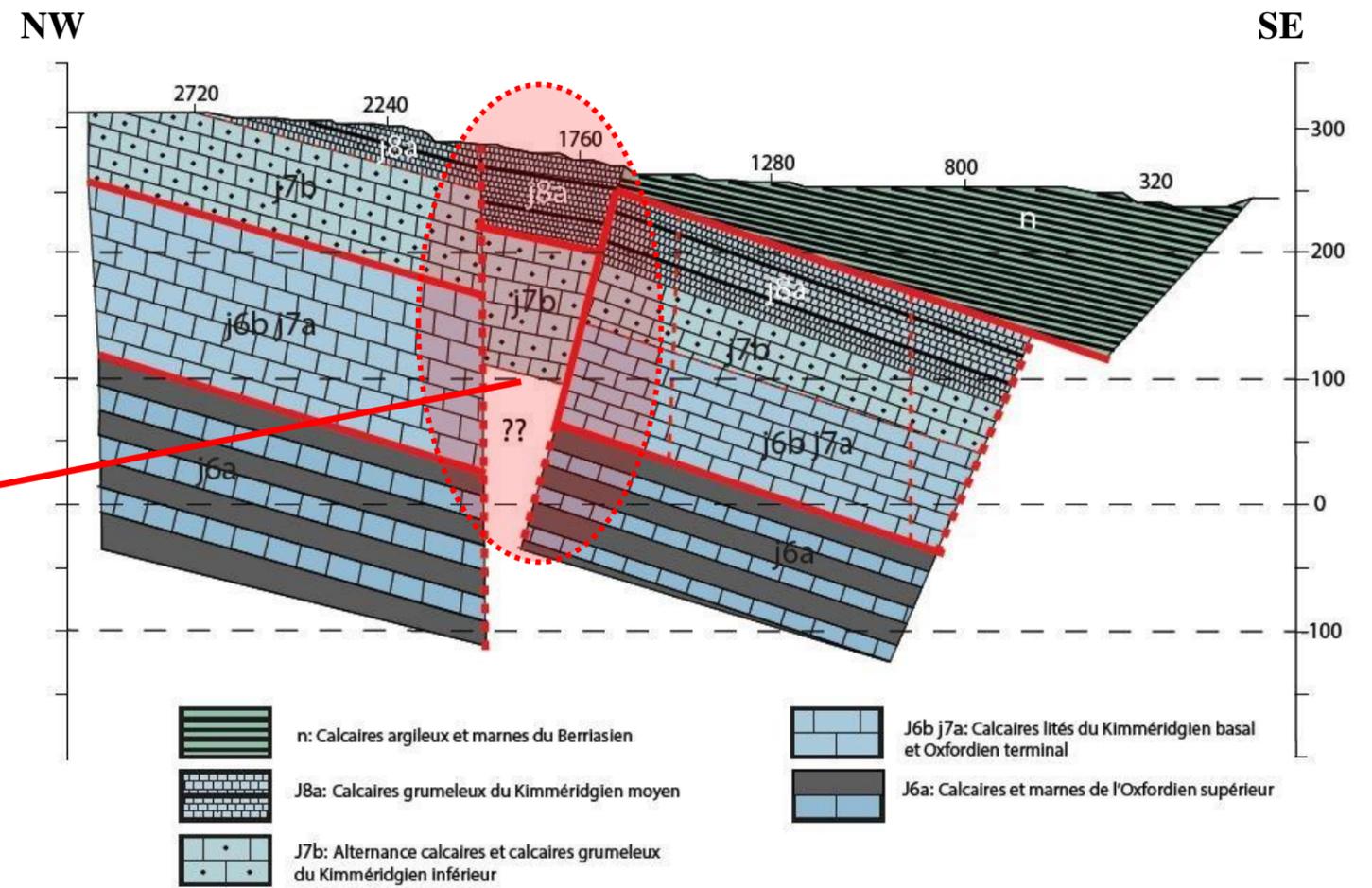
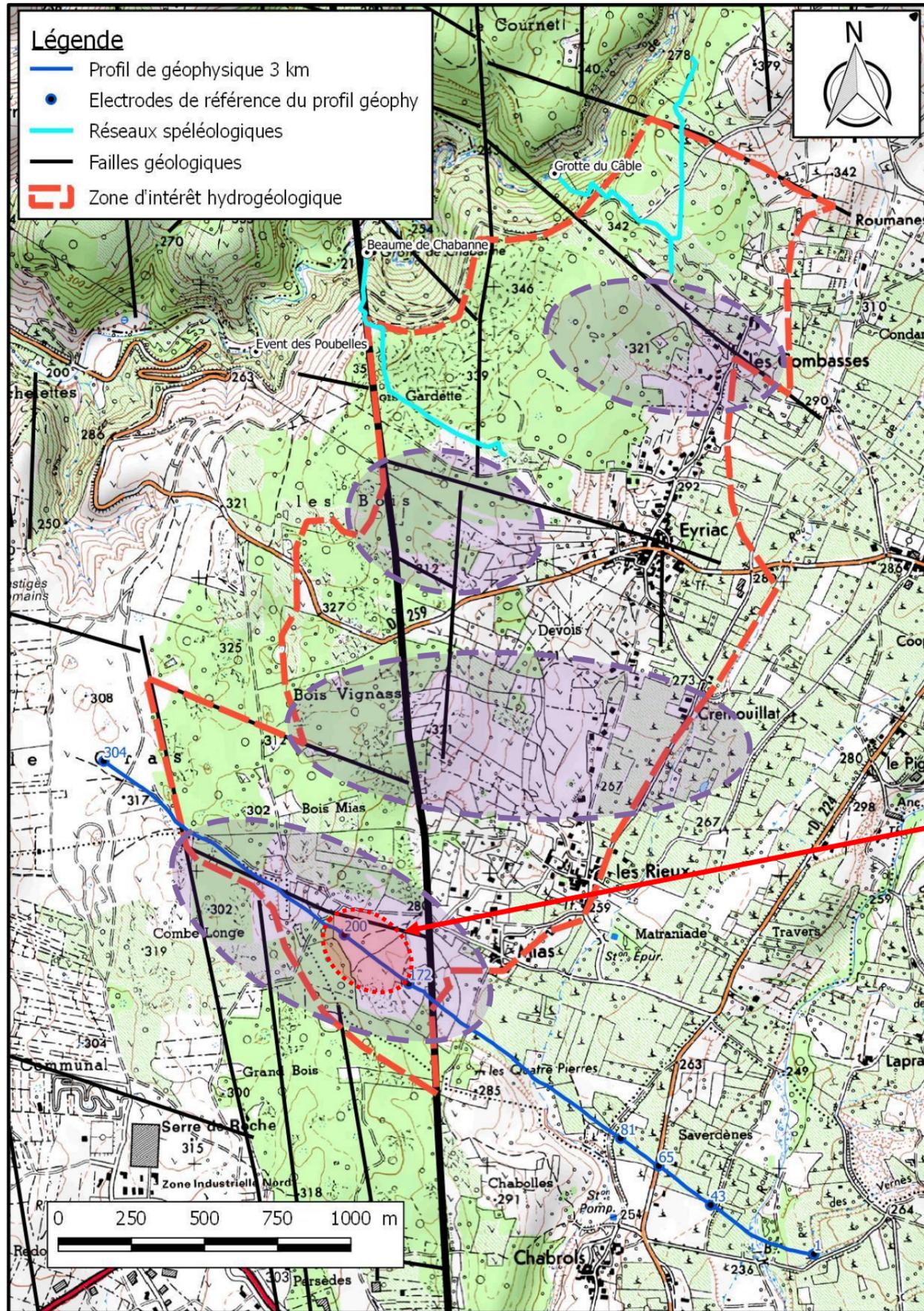
Par rapport à la compréhension hydrogéologique du secteur investigué, on voit clairement que :

- les marnes oxfordiennes constituent le mur de l'aquifère recherché avec une limite vers 0 m NGF soit une profondeur maxi à atteindre d'environ 250 m ;
- dans le tiers du profil des électrodes 201 à 304 (2000 à 3030 m sur le profil) les 100 premiers mètres sont clairement très fracturés et karstifiés ;
- entre les électrodes 201 et 173 (2000 à 1720 m sur le profil) un faisceau structural s'individualise clairement entre deux failles majeures, qui pourraient constituer des objectifs pour implanter des forages de reconnaissance
- en profondeur, d'autres failles affecteraient les calcaires vers les électrodes 65 et 81 ;

L'ensemble de ces éléments est reporté sur les figures Figure 13 et Figure 14, afin de localiser les secteurs précédemment décrits. On remarque :

- le recoupement d'une faille délimitant le faisceau structural intéressant avec le réseau karstique de Chabanne, qui sert de trop-plein temporaire dans la vallée de Louyre ;
- que la faille affectant les calcaires du secteur 1 en profondeur pourrait se prolonger vers le réseau karstique du Câble, tangentielle aux limites d'affleurement jurassique – berriasien.

Toutes ces interprétations demandent encore à être précisées. Nous préconisons la réalisation d'autres profils géophysiques plus courts et moins profonds et donc avec une meilleure résolution (espacement inter-électrodes de 5 m pour une profondeur d'investigation de 150 m) pour préciser les accidents potentiellement intéressants, de manière à implanter un ou plusieurs forages de reconnaissance a priori de 200 m de profondeur.



- n: Calcaires argileux et marnes du Berriasien
- J6a: Calcaires et marnes de l'Oxfordien supérieur
- J6b J7a: Calcaires lités du Kimméridgien basal et Oxfordien terminal
- J7b: Alternance calcaires et calcaires grumeleux du Kimméridgien inférieur
- J8a: Calcaires grumeleux du Kimméridgien moyen

III METHODOLOGIE DES TRAÇAGES

III.1 TRACEURS UTILISÉS

Compte tenu de la nature karstique des hydro-systèmes étudiés, il s'agit de mettre en œuvre des traçages sur de longues distances (plusieurs kilomètres) sans que le signal s'estompe avec la perte d'information. Le traceur doit donc être conservatif et doit permettre de suivre le mouvement de l'eau souterraine. Il doit présenter un certain nombre de propriétés qui lui sont particulières et dans l'idéal :

- **Il doit être stable** : le traceur parfaitement conservatif n'interagit ni avec la molécule d'eau ni avec les composés dissous dans l'eau. Ainsi, il n'est pas dégradé chimiquement et ne précipite pas au cours de l'opération de traçage. Il doit notamment résister aux variations de pH ou de conditions redox. Il ne doit pas être dégradé par les bactéries et il est nécessaire qu'il soit insensible aux variations de luminosité et de température.
- **Il doit être neutre** : il est important qu'il ne réagisse pas avec le matériel de l'aquifère dans des réactions de sorption ou d'échange ionique.
- **Il doit avoir une bonne solubilité dans l'eau à la température du traçage** ce qui lui permet d'être utilisé dans des opérations où il risque d'être extrêmement dilué.
- **Il doit présenter une faible limite de détection** pour limiter également son coût. Il doit pouvoir être détecté en continu et in-situ lors de l'opération de traçage.
- **Il doit rester en proportion avec le projet de traçage** : son coût à l'achat et à l'analyse est un facteur important dans le choix d'un traceur.
- **Il ne doit pas être toxique**, ni pour l'homme, ni pour les animaux, ni pour les plantes car il est utilisé en milieu naturel.
- **Il doit enfin être totalement absent dans le fluide tracé** afin de suivre sa restitution sans équivoque. Sinon sa teneur naturelle doit être faible par rapport aux concentrations des fluides restitués.

Dans la réalité, le traceur idéal qui réunirait l'ensemble des caractéristiques ci-avant décrites n'existe pas. Il est donc important de connaître les propriétés de chacun des composés afin de choisir au mieux le produit à utiliser pour une opération particulière. Les points les plus délicats concernent la réactivité et la neutralité des traceurs car ils peuvent varier énormément avec l'environnement, notamment avec la composition de l'aquifère et de son fluide.

Nous avons donc proposé d'utiliser des traceurs fluorescents, car ils présentent une faible toxicité, ils colorent l'eau, sont très facilement détectables à des seuils infiniment faibles (quelques ppb) et leur coût est assez faible. Ce sont les traceurs les plus utilisés en milieu karstique du fait de leur facilité de détection.

Ainsi nous avons utilisé 3 traceurs fluorescents pour les trois essais de traçage mis en œuvre dans le cadre de l'étude : la fluorescéine, la sulforhodamine B et l'acide amino G dont les caractéristiques sont détaillées ci-dessous :

Fluorescéine

La fluorescéine donne une coloration vert-jaune à l'eau. L'effet « fluorescent » est fonction de la concentration en colorant ; toutefois, au-delà d'une certaine dose, cette fluorescence tend à disparaître. Ce colorant se comporte comme un « système duplex » : il absorbe l'énergie solaire jusqu'à environ 5 000 Angströms, et réémet dans une bande de fréquence étroite, autour de 5 300 Angströms, assez près du maximum de sensibilité de l'œil humain. Plus précisément, la Fluorescéine est constituée d'une molécule capable de réémettre une lumière fluorescente verte (à 525 nm) lorsqu'elle est excitée par une lumière bleue (à 485 nm). C'est le traceur fluorescent organique le plus utilisé et le plus adéquat, en raison de : sa très grande sensibilité de détection, sa stabilité entre pH 6 et 11, sa faible tendance à l'adsorption et de son prix relativement bas.

Dans les conditions les plus favorables et dans de l'eau propre du point de vue optique, la limite de détection peut descendre jusqu'à 0,001 ppb. Un des avantages de la fluorescéine réside dans le fait qu'elle est dégradée à la lumière (=dès l'exutoire) et en présence d'agents oxydants tels que le chlore, le dioxyde de chlore et l'ozone, substances fréquemment utilisées dans le traitement de l'eau potable dans les réservoirs. De ce fait, si coloration il y a, elle disparaît rapidement après sa sortie du karst.



Figure 15 : Injection de fluorescéine au ruisseau du Baravon (16/03/2016) - traçage vallée de l'Ibie

Acide amino G (AAG)

L'acide amino G émet une fluorescence dans le bleu, impliquant à l'analyse un bruit de fond gênant, plus ou moins fort selon la pureté optique de l'eau, mais elle est peu adsorbable. En conséquence, la limite de détection de l'acide amino G est moins bonne que celle de la fluorescéine (environ 0.1 ppb).

L'acide amino G est normalement surtout indiqué pour des essais sur de courtes distances et pour une injection directement dans l'eau souterraine. Il est donc plus adapté au milieu karstique qu'au milieu poreux mais il est déconseillé de l'injecter dans la zone non saturée car il est soumis à une adsorption irréversible ou à une dégradation. C'est la raison pour laquelle, nous avons par exemple créé un écoulement artificiel à l'aven Vitalie de manière à ce que le traceur se retrouve rapidement vers le plan d'eau.

L'un des gros avantages de l'acide amino G est qu'il reste incolore jusqu'à une concentration élevée (environ 10 000 ppb). La méthode au charbon actif est mal adaptée à la détection de l'acide amino G. Sa solubilité est moyenne et de l'ordre de 100 g/litre.



Figure 16 : Préparation de l'acide amino G pour injection à la perte du Glouglou (traçage Nord Vogüé, 10/06/2015) et à l'aven de Fontgraze (traçage Saint-Alban-Auriolles, 10/05/2016)

La sulforhodamine B

Elle présente une plus forte adsorption que la fluorescéine. Elle colore l'eau en rouge lorsque les concentrations sont importantes et se dégrade peu à la lumière. La sulforhodamine B est inoffensive pour l'être humain et est un traceur parfaitement adapté (travaux de CARRE [Ecole de la Santé Publique de Rennes 2007] et GOMBERT [INERIS 2009], y compris en cas de restitution au niveau de captages d'eau potable).

Sa fluorescence et sa limite de détection sont également moins bonnes que la fluorescéine (3 à 4 fois pour la limite de détection). La solubilité de la sulforhodamine B est de l'ordre de 120 gr/litre à 20°C.



Figure 17 : Passage de la sulfurhodamine B à la grotte de Chabanne et au cours d'eau alimenté par la grotte – traçage Nord Vogüé (17/06/2015)

III.2 MATÉRIEL ET MESURES

Différents dispositifs de surveillance ont été utilisés afin de suivre l'arrivée des traceurs.

III.2.1 FLUORIMETRES G-GUN

Le fluorimètre G-Gun, de la société ALBILLIA à Neuchâtel, permet la mesure et l'enregistrement en semi-continu de la température, de la turbidité et de la fluorescence des eaux selon trois longueurs d'onde (correspondant aux trois traceurs utilisés). Il permet ainsi de suivre la restitution de 1 à 3 traceurs avec l'évolution de la température et de la turbidité de l'eau.

Grâce aux résultats obtenus, il est possible d'évaluer les vitesses de transfert dans le milieu souterrain (vitesse maximum, vitesse moyenne, vitesse au pic de restitution...) et de calculer le taux de restitution du colorant injecté (en combinant les résultats avec les débits mesurés par jaugeages).



Figure 18 : Fluorimètre GGUN installé au Ranc d'aven (traçage Saint-Alban-Auriolles)

III.2.2 FLUO-CAPTEURS



Les fluo-capteurs, composés de charbon actif, sont supposés pouvoir adsorber les traceurs fluorescents.

Ils ont été analysés par spectrométrie de luminescence au laboratoire Sciences Environnement à Besançon.

Figure 19 : Fluo-captteur installé à la source de l'île (traçage vallée de l'Ibie)

III.2.3 PRELEVEMENTS MANUELS ET AUTOMATIQUES D'ECHANTILLONS D'EAU

Des blancs ont tout d'abord été prélevés sur les points d'eau préalablement à l'injection des traceurs, en amont de chaque essai afin de vérifier l'absence de contamination préalable.

Des prélèvements d'eau ont ensuite été réalisés tout au long des expériences de traçage par le biais d'échantillonnages manuels ou automatiques.

Des préleveurs automatiques permettant un échantillonnage fréquent et régulier (programmé toutes les 8 heures) ont ainsi été installés sur les points d'eau les plus stratégiques qui seront détaillés dans chaque partie. Ces prélèvements complètent les données issues de l'enregistrement des fluorimètres (notamment en cas de défaillance de ce dernier). Les résultats d'analyse ont été calés sur les courbes de concentrations en traceurs issues des enregistrements des fluorimètres.

Les échantillonnages manuels ont été réalisés à des fréquences allant de 3 à 7 jours.

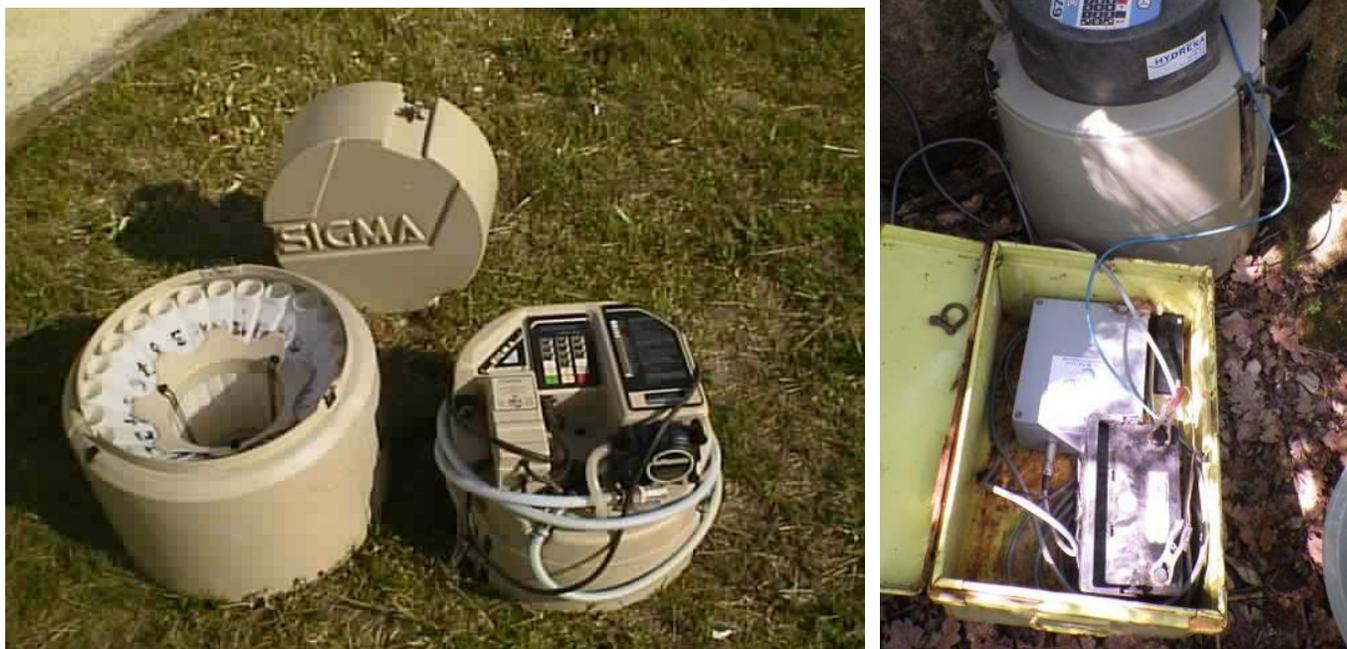


Figure 20 : Préleveur automatique (photographie fournisseur et matériel installé au Ranc d'aven)

III.2.4 JAUGEAGES

Des jaugeages, nécessaires au calcul de restitution des traceurs, ont été réalisés par différentes méthodes :

- par méthode volumétrique : au seau et chronomètre pour les sources de petit débit ;
- par jaugeage au micromoulinet ou au courantomètre électromagnétique suivant une section prédéfinie : exploration du champ de vitesse sur la section définie (Figure 21) ;
- par jaugeage chimique à l'aide des ions majeurs : uniquement dans la rivière Ardèche dans le cas du traçage Nord Vogüé.



Figure 21 : Photographie fournisseur du courantomètre électromagnétique HYDREKA)

III.2.5 PIEZOMETRIE DE LA NAPPE (SONDE PIEZOMETRIQUE OU SONDE REEFNET)

Afin de mesurer les variations de niveau d'eau de la nappe, des sondes piézométriques (capteurs STS) ont été installés dans des piézomètres ou forages.

Des sondes reefnet ont également été installées avec l'aide du comité départemental de spéléologie de l'Ardèche au niveau de différents plans d'eau reconnus dans des grottes/avens et cours d'eau. Elles enregistrent les variations de hauteur d'eau. Les enregistrements sont actuellement encore en cours et permettront un suivi du niveau de la zone noyée dans le karst à l'échelle d'une année complète.



Figure 22 : Photographie d'une sonde STS (source : fournisseur), du piézomètre du Bœuf et de sondes reefnet (source : <https://reefnet.ca/>)

IV TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR NORD VOGÜE

IV.1 INTRODUCTION

L'unité karstique Nord Vogüé est l'un des systèmes karstiques majeurs du secteur d'étude.

Il a déjà fait l'objet de nombreuses expériences de traçage par le passé qui dans leur grande majorité permettent d'établir des relations entre une partie de l'amont et l'aval du système, et plus précisément entre la vallée fossile de l'Eyrolle (Aven des Blaches, Combe Rajeau en amont) et les sources de Vogüé à l'aval (Estugnes et Pontet). Ces traçages ont également montré que la grotte ou baume de Chabanne fonctionne comme un trop-plein du système. (Figure 23).

Deux autres essais de traçage mettent également en évidence les relations entre les pertes des ruisseaux du Bourdary et de l'Auzon à l'Est, dès l'instant où ces cours d'eau ne s'écoulent plus sur les marnes du Valanginien et s'infiltrent au droit des calcaires du Berriasien puis du Tithonique.

Ceci permet donc d'ores et déjà de mieux appréhender, à l'Est et au Nord-Est, les limites de ce système karstique sans toutefois pouvoir en fournir une délimitation précise.

En revanche, à l'Ouest de la zone amont, les limites du système ne sont pas identifiées et se pose la question de la contribution de la vallée de la Louyre au système.

A ce jour, il est établi que la zone amont joue un rôle essentiel de collecte des eaux météoriques et sous-basaltiques. Le ruisseau de Louyre, parfois encaissé d'une centaine de mètres, serait peut-être une zone d'infiltration principale vers le drain principal du système. Aucun essai de traçage n'a cependant été réalisé dans la vallée de la Louyre.

La zone avale du plateau des Gras est caractérisée par la présence de l'Ardèche en tant que niveau de base karstique régional. A la surface du plateau, s'ouvrent de nombreux avens profonds d'une soixantaine de mètres (aven du Chien, aven de Serres Tintou, grotte du Bois...), mais pratiquement aucun écoulement souterrain n'a été repéré dans ces accès au réseau car leur terminaison s'arrête au moins 60 m plus haut que le niveau de base de l'Ardèche. Seul l'aven du Chasseur montre un niveau d'eau qui correspond approximativement au niveau de l'Ardèche, il se situe très proche de l'Auzon.

L'hypothèse générale actuelle est celle de l'existence d'un ou plusieurs réseau(x) karstique(s) de grandes dimensions jouant le rôle de collecteur(s) et véhiculant les eaux souterraines jusqu'à l'Ardèche. Les différentes sources de Vogüé (Estugnes et Pontet) en représenteraient les exutoires principaux.

Au-delà de La Baume de Chabanne, le karst profond serait probablement, et d'une manière générale, noyé jusqu'à Vogüé.

Les résultats des traçages antérieurs semblent dessiner deux axes d'infiltration majeurs sur le plateau :

- La Louyre avec ses pertes (Glou-Glou, trou Calistou...) et l'Abîme Valérie, seul regard souterrain sur cette partie de l'unité,
- L'Eyrolle avec l'aven des Blaches dont l'accès est en grande partie obturé et la Combe Rajeau.

La grotte du Câble, collecteur souterrain disposant de deux siphons amont et aval, est située plus à l'aval ; elle serait plutôt en lien avec la zone d'infiltration de la Louyre, laquelle rejoindrait, plus à l'aval celle de l'Eyrolle pour ne former qu'un seul collecteur majeur au sud de Saint-Laurent-sous-Coiron.

Il n'a jamais été possible d'aller beaucoup plus loin que le constat de simples relations dans l'analyse des expériences de traçage passées du fait que les concentrations restituées et les débits d'entrée/sortie n'ont pratiquement jamais été mesurés : ces essais de traçage n'ont véritablement jamais fait l'objet d'un suivi simultané des débits.

Les débits des sources de Vogüé, notamment celles du Pontet et les sorties sous-alluviales sont néanmoins très difficiles à mesurer précisément car les émergences sont situées sous le niveau de l'Ardèche et sont pour une partie temporaires.

Les objectifs du traçage :

La nouvelle expérience de traçage proposée sur le secteur de Nord Vogüé s'inscrit donc comme un moyen d'améliorer la connaissance du système karstique, avec les objectifs suivants :

Dans la zone amont du système, il s'agit de :

- Tenter de mettre en évidence et caractériser les relations potentielles entre les pertes du ruisseau de la vallée de la Louyre et la relation principale déjà démontrée entre l'aven de la Blache-Combe Rajeau et les sources de Vogüé. Dans ce cadre, nous avons proposé une première injection au droit de la perte du glou-glou, perte majeure localisée à proximité du lit du ruisseau de la Louyre. La surveillance du passage du traceur a été réalisée à l'abîme Valérie et à la grotte du câble à l'aide de fluorimètres, mais également à l'aval de la vallée de la Louyre par fluo-capteurs au droit de la grotte de Chabanne et de l'Event des poubelles.
- De manière croisée, tenter de caractériser les relations entre les pertes de l'Eyrolle et la vallée de la Louyre par une seconde injection réalisée au droit de la Combe Rajeau et une surveillance du passage du second traceur au droit de la grotte du câble, de l'Abîme Valérie, de la grotte de Chabanne et de l'évent des Poubelles.
- Identifier et caractériser d'autres sorties potentielles plus latérales situées à l'ouest (Event des Poubelles, Grotte de Chabanne).

Dans la zone avale :

- Caractériser les relations entre la grotte du câble et les sources de Vogüé par surveillance du passage des traceurs injectés dans la vallée de la Louyre et dans la vallée de l'Eyrolle dans la zone

amont, et par comparaison de ces restitutions avec un troisième traceur injecté dans le siphon aval de la grotte du câble. A l'aval, la surveillance du passage des trois traceurs a été réalisée au droit des sources du Pontet, des Estugnes et des sorties sous-alluviales.

Nous détaillons ci-après les conditions et les résultats de l'essai multi-traçage mis en œuvre sur le système Nord Vogüé entre le 10 juin 2015, jour de l'injection, et fin août 2015, correspondant à l'arrêt du suivi.

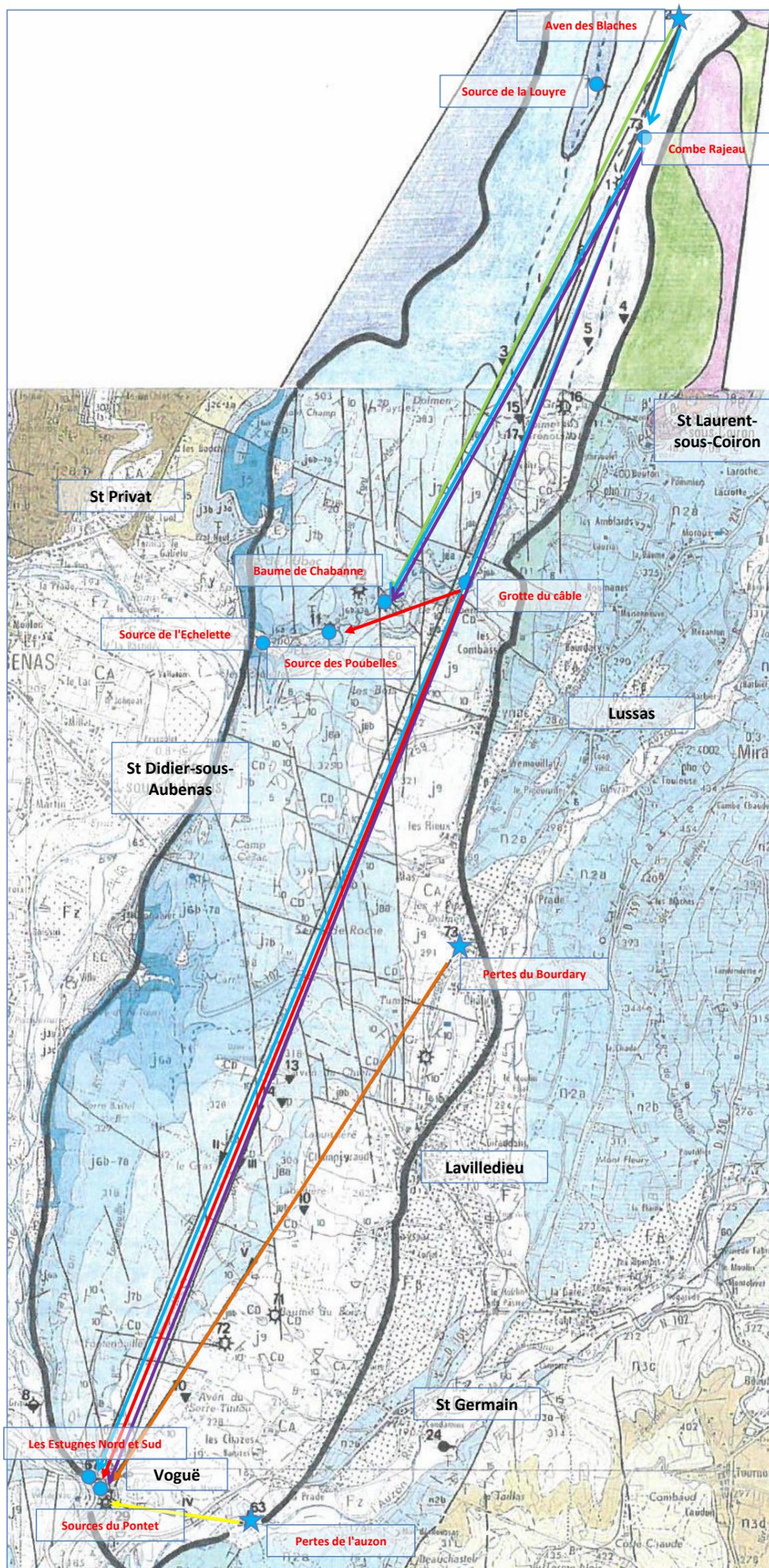


Figure 23 : schéma récapitulatif des tracages positifs réalisés entre 1967 et 2003 sur le système Nord-Vogüé

IV.2 CONDITIONS METEOROLOGIQUES DU TRACAGE SUR NORD VOGÛE

Les conditions météorologiques durant lesquelles le traçage a été réalisé sont définies par les données de plusieurs stations météorologiques Météo France :

- Aubenas au Sud-Ouest du secteur de l'essai de traçage,
- Lanas au Sud,
- Mirabel, à l'Est,
- L'Escrinet au Nord,
- et une station météorologique locale et provisoire installée au hameau de Louyre.

Nous avons reporté sur la Figure 24 les cumuls pluviométriques enregistrés sur les 4 stations Météo France encadrant le secteur d'étude (une année glissante) et sur la Figure 25 les précipitations enregistrées sur le pluviomètre installé spécifiquement au hameau de Louyre pendant les 3 mois de suivi.

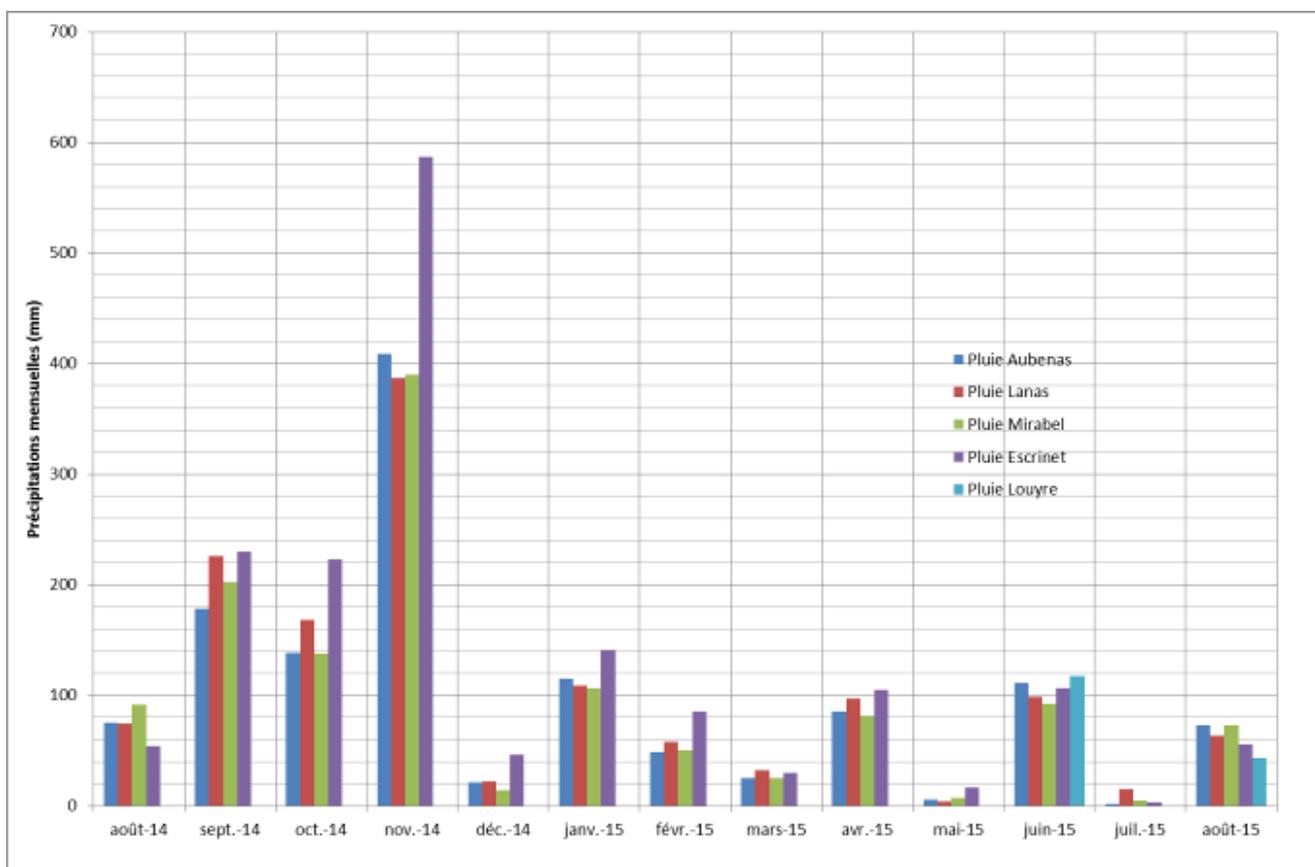


Figure 24 : Précipitations mensuelles sur les 5 stations Météo de suivi

Commentaires :

D'une manière générale, on constate, que les cumuls pluviométriques sont relativement homogènes d'une station à l'autre, excepté au mois de novembre 2014 où la station de l'Escrinet a enregistré une valeur de 200 mm plus élevée que les autres, vraisemblablement à la faveur d'un épisode local exceptionnel.

Pendant les 3 mois de suivi, on retiendra donc, sur la totalité du bassin versant, les valeurs de précipitation moyennes suivantes : juin : 110 mm, juillet : 0 mm et août : 50 mm.

Lorsque l'on replace l'année 2015 sur une période de 10 ans, elle se situe comme une année moyenne depuis 2005.

En revanche, les précipitations enregistrées au mois de juillet ne reflète pas la moyenne sur 10 ans puisque les précipitations tombées au mois de juillet 2015 sont quasi-nulles alors que la moyenne sur 10 ans vaut 43 mm.

Pour le mois de juin, on observe l'effet inverse : un mois très pluvieux en 2015 (110 mm) alors que la moyenne sur 10 ans est de 35 mm.

La période estivale 2015 est donc plutôt atypique avec des épisodes brefs mais intenses entrecoupés de longues périodes de sécheresse.

La station météorologique installée au hameau de Louyre a également permis d'enregistrer les quantités d'eau tombées durant la période de l'essai sur la partie amont du système.

Le graphique présenté sur la Figure 25 montre l'évolution du cumul des précipitations entre juin et août 2015.

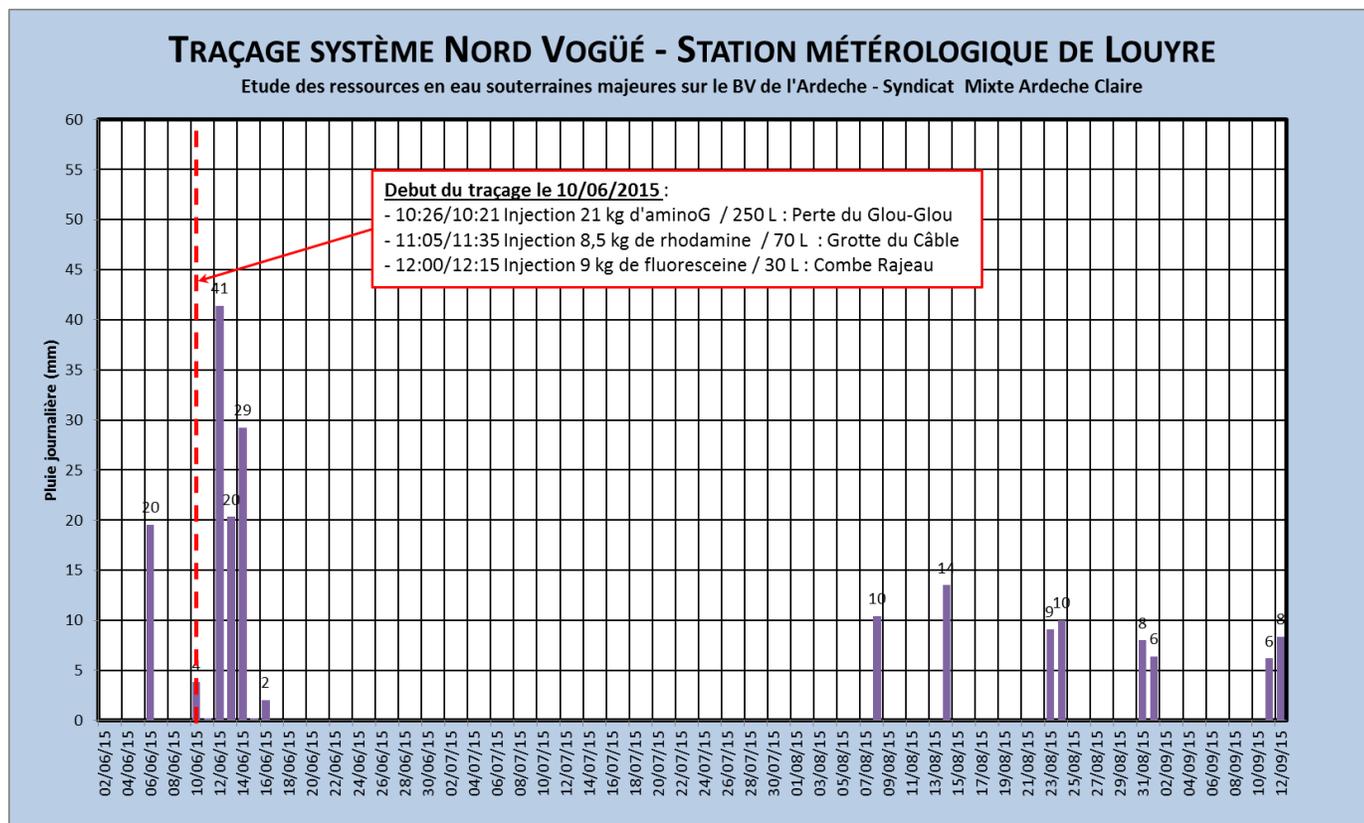


Figure 25 : Cumul pluviométrique à la station provisoire installée au hameau de Louyre

Les observations sont les suivantes :

- Pendant les 3 mois de suivi, les précipitations cumulées ont atteint 160 mm.
- La répartition des précipitations a été très inégale :
 - Il tombe 20 mm le 07/06 avant l'injection des traceurs.
 - 2 jours après l'injection des traceurs (10 juin 2015 en fin de matinée), un épisode important est survenu : il est tombé environ 90 mm sur 2 jours (du 12 au 14 juin).
 - Du 14 juin au 8 août, il n'est pas tombé une seule goutte de pluie.
 - Les 8 et 14 août, 2 épisodes d'une dizaine de mm chacun ont été enregistrés.

En résumé, les traceurs ont donc pu être « poussés » peu après leur injection par un épisode pluvieux d'importance qui a laissé place à une longue période de sécheresse.

Seules quelques pluies survenues en fin de suivi (début août) ont été enregistrées, mais elles restent peu significatives par rapport à la recharge du système et peu interférentes dans l'essai de traçage car elles sont intervenues après la restitution des traceurs.

Il est important de noter que cette situation météorologique diffère de celle de 2003 à l'occasion du traçage mis en œuvre à l'aven de la Blache. A cette époque, les épisodes de pluie étaient survenus beaucoup plus tardivement par rapport à l'injection des traceurs, ils étaient également moins intenses..

Les conditions météorologiques du traçage 2015 ont donc été plutôt favorables.

IV.3 ESSAI DE BILAN SUR LA PERIODE AOÛT 2014 A AOÛT 2015 SUR LE SYSTEME NORD VOGÜE

Partant du principe qu'un bilan hydrologique est toujours équilibré entre les entrées (recharge par les précipitations, les pertes des cours d'eau, apports d'un autre système...) et les sorties (exutoires multiples, fuites vers un autre aquifère), l'essai de bilan présenté ici ne vise qu'à vérifier ou non cet équilibre et à définir la contribution relative de l'exutoire principal connu, et représenté par les sources de Vogüé, par rapport aux débits totaux sortant.

La définition du bilan hydrologique repose sur l'analyse de la cohérence qui existe entre les volumes d'entrée et les volumes de sortie à l'exutoire du système ; elle permet de caractériser globalement les limites de l'impluvium de celui-ci.

La méthode consiste à évaluer pour une période donnée, le volume d'eau écoulé à l'exutoire et le volume des pluies (P) qui renouvellent les réserves et entretiennent l'écoulement dans le système. Elle repose sur la détermination des précipitations efficaces qui représentent la quantité d'eau fournie par les précipitations qui reste disponible pour le système, après soustraction des pertes par évapotranspiration réelle (ETR). La partie des précipitations qui ruisselle est considérée comme négligeable dans le cas des systèmes karstiques.

Les pluies efficaces sont déterminées généralement au pas de temps annuel selon la formule suivante :

$$P_{\text{eff}} = P - \text{ETR}$$

La surface du bassin d'alimentation du système est déterminée à l'aide du rapport suivant :

$$S_{\text{alimentation}} = V/P_{\text{eff}}$$

L'estimation de l'ETR est le problème de base de la méthode car la détermination des paramètres climatiques n'est pas facile. La méthode d'estimation de l'ETR fréquemment utilisée consiste à calculer le déficit d'écoulement D partir de la formule de Turc ou encore suivant le bilan simplifié de Thornwaite.

La surface d'alimentation du système est alors déterminée en appliquant le rapport suivant :

$$S_{\text{alimentation}} = V / (P - D) \\ +/- \Delta R$$

dans lequel V représente le volume d'eau écoulé à l'exutoire, P , la lame d'eau précipitée, D , le déficit d'écoulement et ΔR les variations interannuelles des réserves de l'aquifère.

Les variations de réserves souterraines (ΔR) influent peu sur le résultat lorsque le bilan hydrique est établi sur un cycle hydrogéologique (d'étiage à étiage). L'influence des variations des réserves souterraines devient totalement négligeable si le bilan hydrique peut-être établi sur plusieurs cycles hydrologiques.

Les résultats obtenus sont ainsi une estimation de la ressource (recharge du système) et de la superficie du bassin d'alimentation ou des zones de recharge du système partiellement sous couverture. Bien souvent, les données existantes sur un exutoire sont assez peu nombreuses. En particulier, il est rare de posséder des données de débits fiables sur un cycle hydrologique complet et ne parlons même pas de plusieurs cycles.

Le problème supplémentaire dans le cas du système Nord Vogüé est qu'il est également très compliqué de mesurer les débits notamment car la principale sortie représentée par les sources du Pontet, se situe sous le niveau de l'Ardèche et que les sorties sont multiples et souvent temporaires. Toutefois, sans ces données complètes, on peut tout de même avoir une appréciation, certes grossière, de la fonctionnalité karstique d'un exutoire. Cette appréciation ne donne que des informations très grossières pour les raisons suivantes :

- s'il est difficile d'acquérir les débits, il n'est jamais certain d'avoir mesuré le débit maximum (cruie la plus importante) au contraire du débit minimum qui est plus facile à obtenir (étiage),
- lorsque l'on mesure le débit de cruie, on n'est pas certain qu'il n'y ait pas un trop-plein qui par son fonctionnement écrête la cruie à l'exutoire principal.

IV.3.1 APPRECIATION DE LA SURFACE D'ALIMENTATION DU SYSTEME KARSTIQUE NORD-VOGÜE

La surface d'alimentation du système karstique Nord-Vogüé peut être appréciée en fonction des éléments géologiques et structuraux.

Elle est délimitée :

- à l'Ouest et au Sud par les bordures du plateau des Gras et le pendage des couches en direction de l'Est,,
- à l'Est par la limite d'affleurement des calcaires et des marnes du Valanginien qui recouvre l'aquifère calcaire (système binaire),
- au nord, la limite est plus difficile à définir à cause du recouvrement des calcaires par le massif du Coiron. Ce dernier participe vraisemblablement de façon indirecte à une petite partie de la recharge de l'aquifère calcaire qui présente une ligne de partage des eaux sous coironique qui aujourd'hui est difficile à cerner précisément.

La surface d'alimentation ainsi définie a une superficie de 44,6 km².

IV.3.2 APPRECIATION DES PLUIES EFFICACES – VOLUMES ENTRANTS

La pluie efficace est la fraction des précipitations météorologiques qui s'infiltré et donne lieu à un apport d'eau à l'hydro-système continental. Cette alimentation de l'hydro-système se traduit par un écoulement d'eau, décomposable d'une part en ruissellement de surface ou en ruissellement hypodermique au niveau du sol, et, pour l'autre part, en une infiltration dans le sous-sol en direction des nappes d'eau souterraine.

Le calcul de la recharge à partir des précipitations nécessite donc au préalable le calcul de la pluie efficace puis une estimation de la part de la pluie efficace qui s'infiltré dans le sol.

La pluie efficace (P_{eff}) est toujours le résultat d'un modèle global effectuant un bilan hydrique a posteriori de chroniques de précipitations (P) et d'évapotranspiration réelle (ETR). Ce dernier paramètre étant difficilement mesurable de manière régulière et sur de longues périodes, deux autres paramètres sont donc nécessaires : l'évapotranspiration potentielle (ETP) et la réserve en eau maximale ou optimum du sol (R_{max}). La méthode de calcul de la pluie efficace se compose alors de 4 étapes :

- 1) la détermination d'une chronique d'ETP correspondant à la quantité d'eau maximale qu'un couvert végétal peut restituer à l'atmosphère. Tenant compte de la similitude des données de précipitations sur les stations de suivi et des données disponibles, cet exercice a été réalisé sur les données Météo France récupérées sur la station d'Aubenas.
- 2) L'évaluation d'une réserve en eau maximale du sol (R_{max}) qui représente, dans ce modèle conceptuel, la capacité en eau d'un réservoir symbolisant l'ensemble sol-végétation. Cette réserve influe donc fortement sur l'évapotranspiration et vice-et-versa. Par commodité, cette réserve maximale est généralement assimilée à la réserve utile (RU). Cette réserve utile est fixée à une valeur maximum de 100 mm/an sous nos latitudes.
- 3) Le calcul de la chronique de l'évapotranspiration réelle (ETR) au moyen de la méthode des bilans enchaînés de Turc et Thornthwaite pour un pas de temps défini avec les conditions suivantes :

- Si $P \geq \text{ETP}$ alors $\text{ETR} = \text{ETP}$;

- Si $P < \text{ETP}$ alors :

☐ Si $P + \Delta \text{RU} \leq \text{ETP}$, $\text{ETR} = P + \Delta \text{RU}$;

☐ Si $P + \Delta \text{RU} > \text{ETP}$, $\text{ETR} = \text{ETP}$.

- 4) Le bilan hydrique conduit finalement à la valeur de la pluie efficace pour chaque pas de temps de calcul :
 - Si $P \geq \text{ETP}$ et si $\text{RU} = R_{\text{max}}$ alors $P_{\text{eff}} = P - \text{ETR}$.
 - Si $P \geq \text{ETP}$ et si $\text{RU} < R_{\text{max}}$ alors $P_{\text{eff}} = P - \text{ETR} - (R_{\text{max}} - \text{RU})$.
 - Si $P < \text{ETP}$ alors $P_{\text{eff}} = 0$.

En effectuant la somme de toutes les valeurs d'ETR entre le 01/08/2014 et le 31/07/2015, on obtient une valeur totale de 87 mm (Annexe 1).

Le volume d'eau à l'entrée du système ($P_{\text{eff}} - \text{ETR}$) ainsi intégré sur la surface du bassin versant (44,6 km²), est proche de **24,9 Mm³**. Cette valeur est toutefois entachée d'une incertitude issue du calcul des pluies efficaces que nous avons estimée à +/- 10%.

IV.3.3 APPRECIATION DU RUISELLEMENT PAR LA METHODE DE L'IDPR.

En l'absence de données précises pour déterminer le pourcentage de ruissellement, nous nous sommes basés sur la cartographie de l'IDPR. Cette carte réalisée à une échelle très grossière (Figure 26) est à prendre avec beaucoup de précaution.

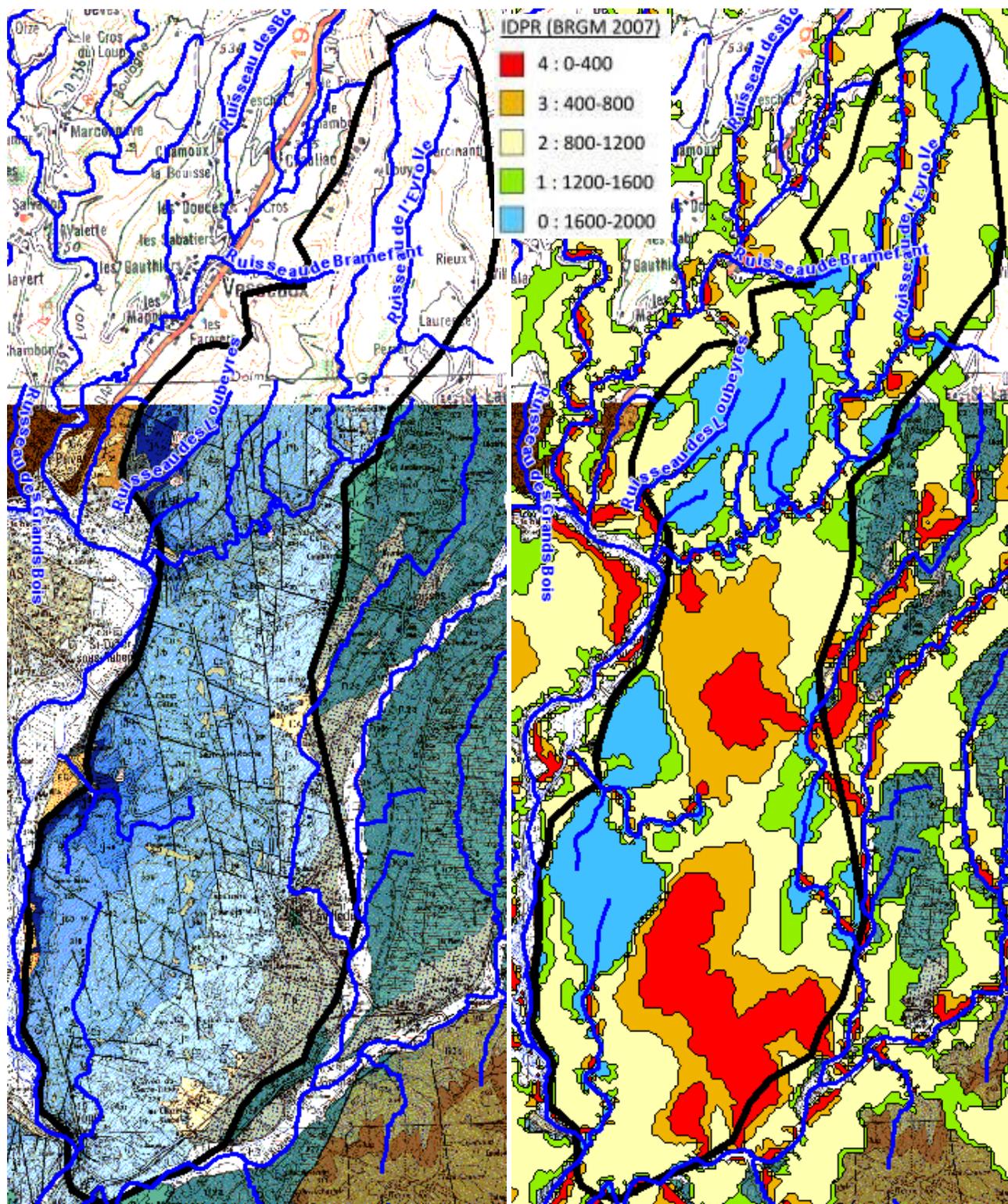
Nous avons donc tenu compte également de nos connaissances du secteur, notamment en ce qui concerne la proportion moyenne des phénomènes karstiques présents à l'affleurement, la morphologie des terrains calcaires, notamment aux abords des deux principales vallées, la Louyre et l'Eyrolle, ainsi que la densité de végétation.

L'indice de développement et de persistance des réseaux (IDPR) est disponible à l'échelle de la France sous forme de grille. Initialement calculé au pas de 100 m, il est moyenné sur chaque maille affleurant au modèle. En fonction de la valeur obtenue, la maille est rangée en 5 classes de répartition de la pluie efficace qui sont définies dans le Tableau 3 suivant :

N° de Classe	Valeur de L'IDPR	Signification	Proportion de la pluie efficace prise en compte pour l'estimation de la recharge
4	0-400	Infiltration très majoritaire	85%
3	400-800	Infiltration majoritaire	70%
2	800-1200	Zone d'équilibre	50%
1	1200-1600	Ruissellement important	40%
0	1600-2000	Ruissellement très majoritaire	30%

Tableau 3 : tableau de correspondance IDPR/ruissellement

La superposition de l'IDPR sur la zone de recharge actuellement supposée du système karstique Nord Vogüé (Figure 26) et notre connaissance du secteur, nous amène à retenir une valeur moyenne de 50% (+/- 10%) pour les pluies efficaces susceptibles de participer à la recharge de l'aquifère.



En domaine karstique, la partie des précipitations qui ruisselle est souvent considérée comme négligeable. Cette vision globale est de notre point de vue à relativiser sur la zone de recharge du système karstique Nord Vogüé car :

- les phénomènes karstiques, avens, dolines sont moins fréquents que sur d'autres domaines karstiques,
- la végétation est relativement bien présente, de nombreuses zones boisées subsistent sur les zones non habitées, des cultures sont présentes sur la partie Est de la zone de recharge et les zones vierges à nu sont finalement peu fréquentes.

Nous ajoutons qu'une partie des ruissellements en provenance du massif du Coiron a été prise en compte dans la surface totale du bassin retenu pour la suite des calculs. Cette surface vaut environ 2 km². Elle a été arrêtée au Nord-Est au niveau d'une ligne de partage des eaux.

En revanche, nous n'intégrons pas les bassins versants de l'Auzon et du Bourdary car nous avons systématiquement retranché, au débit des sources du Pontet, les débits/volumes issus des pertes de ces deux cours d'eau majeurs entrants dans le système karstique.

IV.3.4 APPORTS D'AUTRES AQUIFERES.

Des apports issus du massif du Coiron en partie Nord et Nord-Est participent probablement à l'alimentation du système, mais ne peuvent pas être quantifiés car les relations entre la couverture basaltique et les calcaires sous-jacents ne sont pas clairement établies.

IV.3.5 APPRECIATION DES QUANTITES D'EAU SORTIE DU SYSTEME

IV.3.5.1 Préambule

Les sorties d'eau du système ont été appréciées sur la base de jaugeages réalisés, d'une part, sur les sorties dites « de trop-plein » pendant l'épisode pluvieux (Baume de Chabanne, Event des Poubelles, trop-pleins des sources des Estugnes Nord et Sud et du Pontet), et d'autre part, à l'exutoire principal représenté par les sources de Vogüé (Estugnes et Pontet réunies).

L'ensemble de ces points de suivi, ainsi que l'Ardèche, ont fait l'objet de plusieurs campagnes de jaugeages dont les résultats sont résumés dans le Tableau 4 et sont illustrés sur les Figure 27 à Figure 29.

L'épisode pluvieux du 12 au 14 juin est nettement marqué sur l'ensemble des points de suivi. Pour la grotte du câble, l'absence de mesures entre le 10 et le 21/06 à cause de la remise en eau du siphon situé à l'entrée de la galerie et la nécessité de le re-pomper pour accéder à nouveau au réseau, n'a pas permis le renouvellement de la mesure du débit lorsque l'évènement était à son maximum.

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Date	Rajeau	Valérie	Câble	Louyre Amont glou-glou	Glou-Glou	Louyre Aval glou-glou	Louyre Amont Chabanne	Chabanne	Chabanne 2	Poubelles	Auzon	Bourday	Estugnes+P ontet
	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)	Q (l/sec)
03/06/2015		1,15		9,66	0,255	0		0		0,78	71	0,5	117
07/06/2015		1,6	19										
09/06/2015				8,05	0,252	0,74		0		0,54			138,54
10/06/2015	3,36		15,26								47	0,5	129
14/06/2015		11						0,5					
15/06/2015				25,7	0,46	20,01		31,11	20	112,5	238	11	
16/06/2015							3,11	0,11	4,39	20,89			
17/06/2015								0,001	5	6	178	6	439
18/06/2015							1,39	0	3,14	2,83			
21/06/2015	3,97	1,88	25,16										
22/06/2015				8,65	0,1	6,76	0,32	0	0,71	1,61	84	1,4	
28/06/2015		1,65	19,5										
29/06/2015											61	0	
30/06/2015								0	0,67	1			
05/07/2015		1,78											
13/07/2015			9,13										
15/07/2015								0	0,22	0,19			
27/07/2015			5,55					0	0,24	0,12			
30/07/2015											11	0	
16/08/2015			4,68										
17/08/2015				4,44	0,53			0	0,35	0,06	20	0	

En rouge = estimation du débit des sources de Vogüé

Tableau 4 : débits jaugés aux différents points de suivi

Nous avons donc tenté une reconstitution de la courbe à partir des courbes obtenues sur les pertes de la Louyre (Figure 27), ces pertes passant sans aucun doute et en totalité au droit du collecteur de la grotte du câble. On estime ainsi que le débit passant au collecteur à l'occasion de l'évènement pluvieux était de l'ordre de 30 à 35 l/sec.

On observe également un certain retard du débordement de la grotte de Chabanne dont le débit est mesuré à 0,5 l/sec le 14/06 en fin de crue, celui-ci atteignant son maximum probablement dans la nuit du 14 au 15/06. On a donc bien là un fonctionnement typique de trop-plein du système karstique.

Les deux griffons de l'évent des Poubelles montrent également une forte augmentation du débit à l'occasion de la crue et un débit résiduel qui perdure jusqu'à la fin août, démontrant là également un fonctionnement de trop-plein, mais plus pérenne, du fait d'un positionnement plus bas en altitude (6 m plus bas).

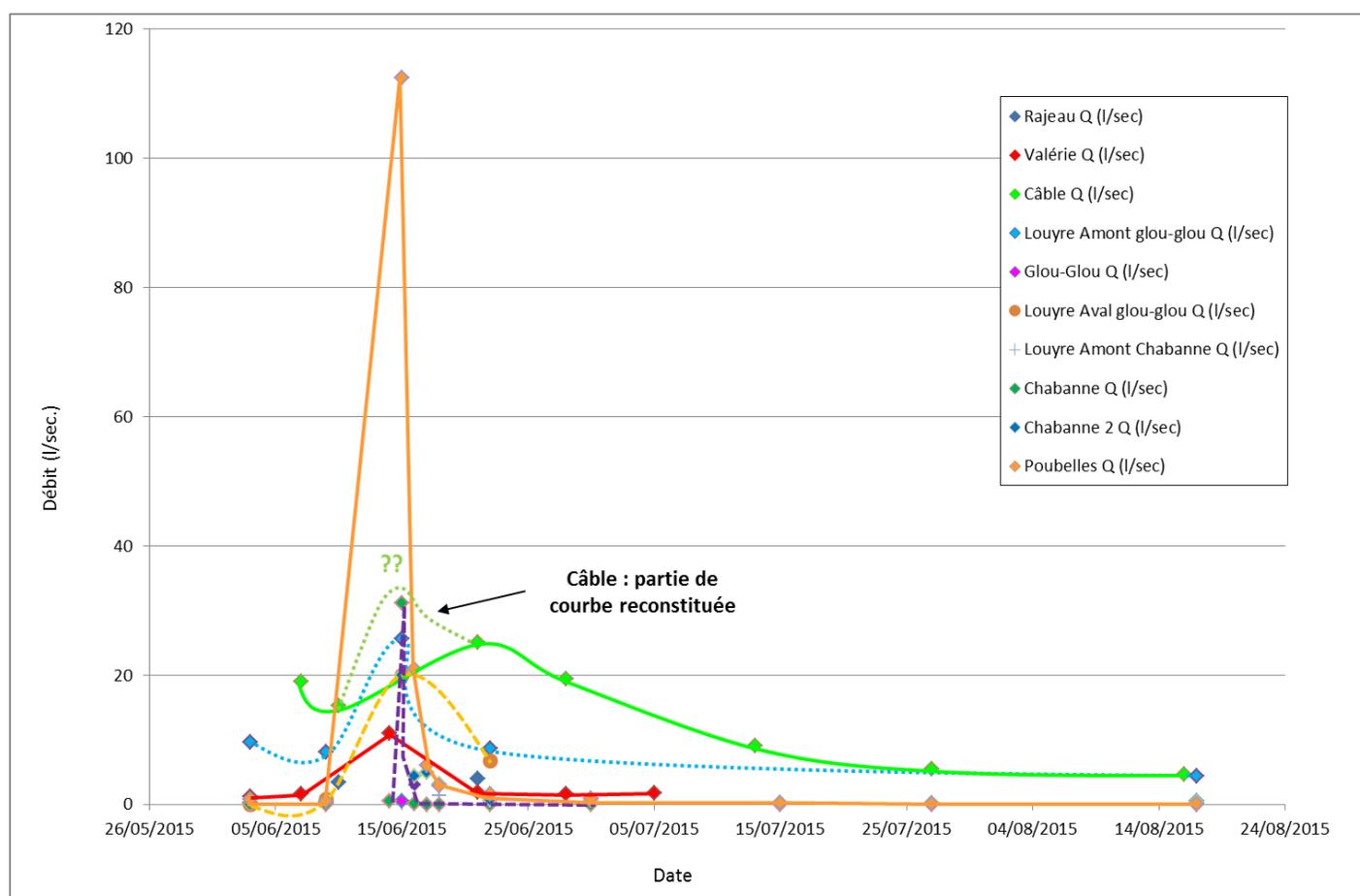


Figure 27 : évolution des débits de la partie amont du système

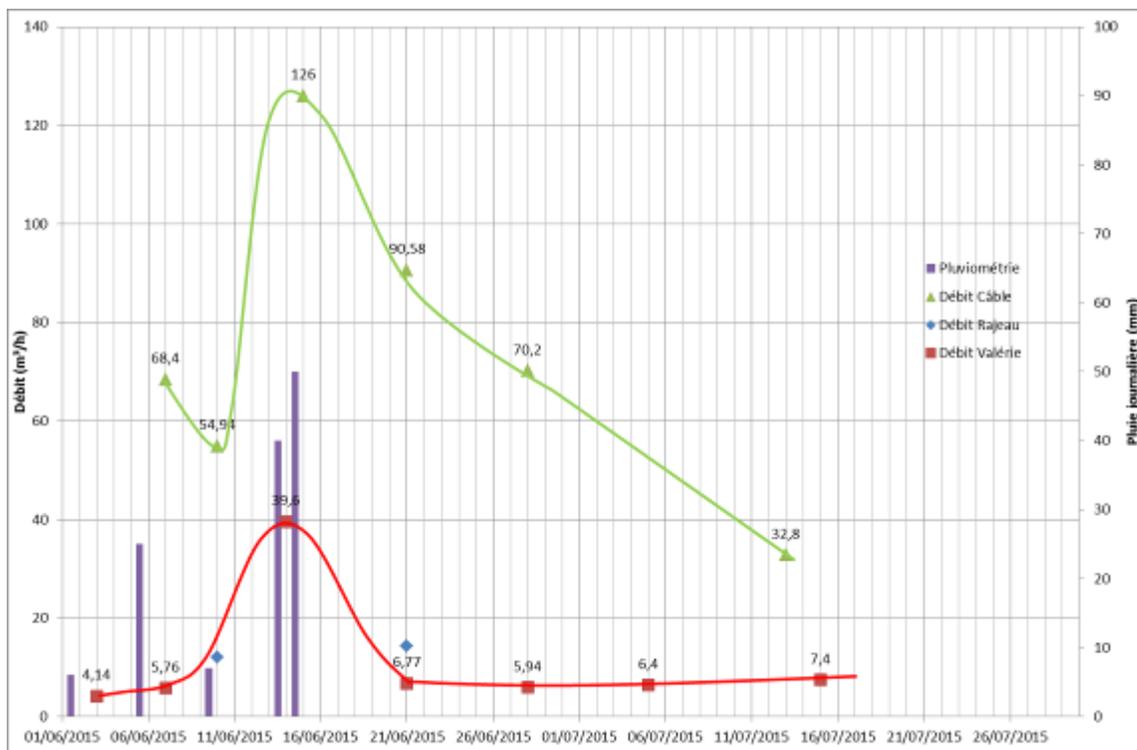


Figure 28 : suivi du débit en cavité en fonction de la pluviométrie

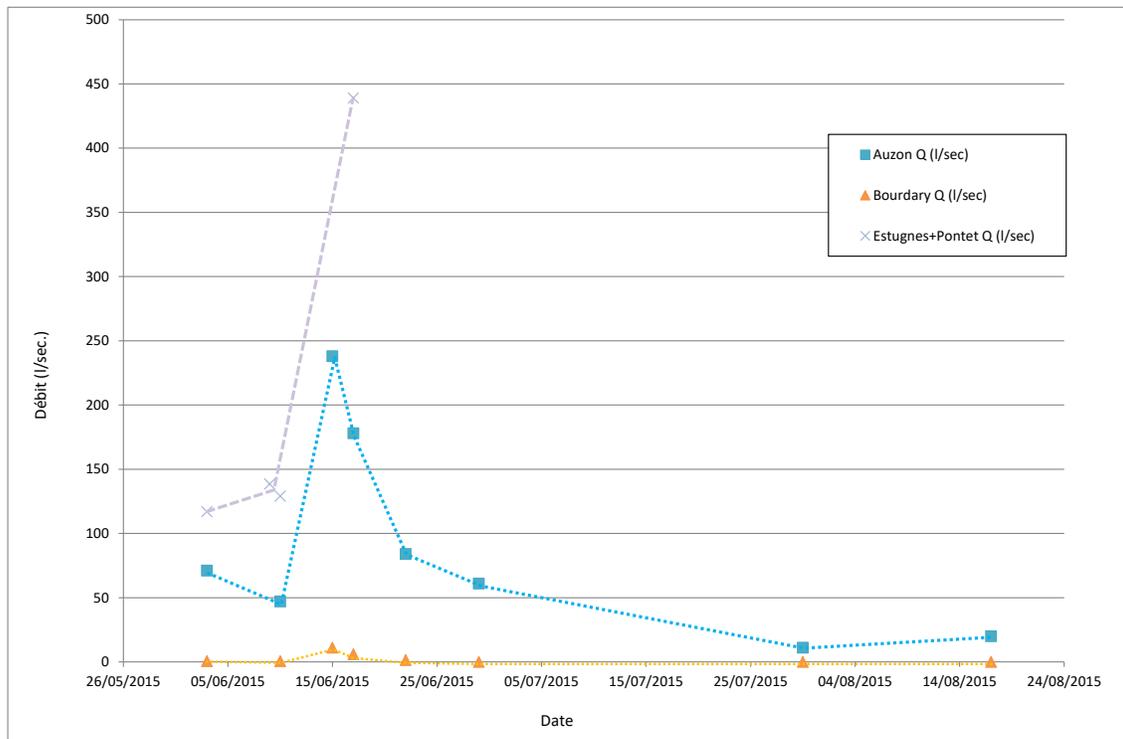


Figure 29 : évolution des débits sur la partie aval du système

IV.3.5.2 Reconstitution du débit de sortie des sources du Pontet

Le débit des sources du Pontet ont été mesurées avant l'épisode pluvieux du 12 au 14 juin 2015 selon 2 méthodes :

- par jaugeages différentiel au courantomètre sur l'Ardèche selon 3 sections positionnées en amont des Estugnes à l'aval des sorties sous-alluviales et en position intermédiaire entre les Estugnes et les sources du Pontet ;
- par la méthode des ions majeurs qui sont considérés comme traceurs pour déterminer les flux d'eau souterraine en crue ou en étiage. Cette méthode consiste à analyser les anions et les cations de chaque sortie et de les comparer par calcul aux eaux de la rivière (Annexe 10). Les résultats de cette méthode sont les suivants :

Sections	Débit (l/sec)
Ardèche AMONT-AVAL/ESTUGNES	115
Ardèche AMONT-AVAL/PONTET	156
Ardèche INTER-AVAL/PONTET	154
Ardèche AMONT-INTER/ESTUGNES	129
MOYENNE	139

Tableau 5 : débits des sources du Pontet déterminées par les ions majeurs

Pendant l'épisode pluvieux survenu entre le 12 et le 14 juin, les hauteurs d'eau par rapport à un repère ont été régulièrement mesurées sur les trop-pleins des sources de Vogüé et des Estugnes (Figure 30) et des jaugeages ponctuels de débit au micromoulinet ont été mis en œuvre. Nous avons pu ainsi transformer les hauteurs d'eau mesurées en débit (courbe de tarage) (Figure 31). Ceci a permis de dresser des esquisses de courbes de tarissement et ainsi d'en déduire un volume sur chaque sortie lors de l'épisode pluvieux du 12-14 juin 2015 (Annexe 2).



Figure 30 : mesure des hauteurs d'eau au niveau des sources Estugnes Nord et Sud

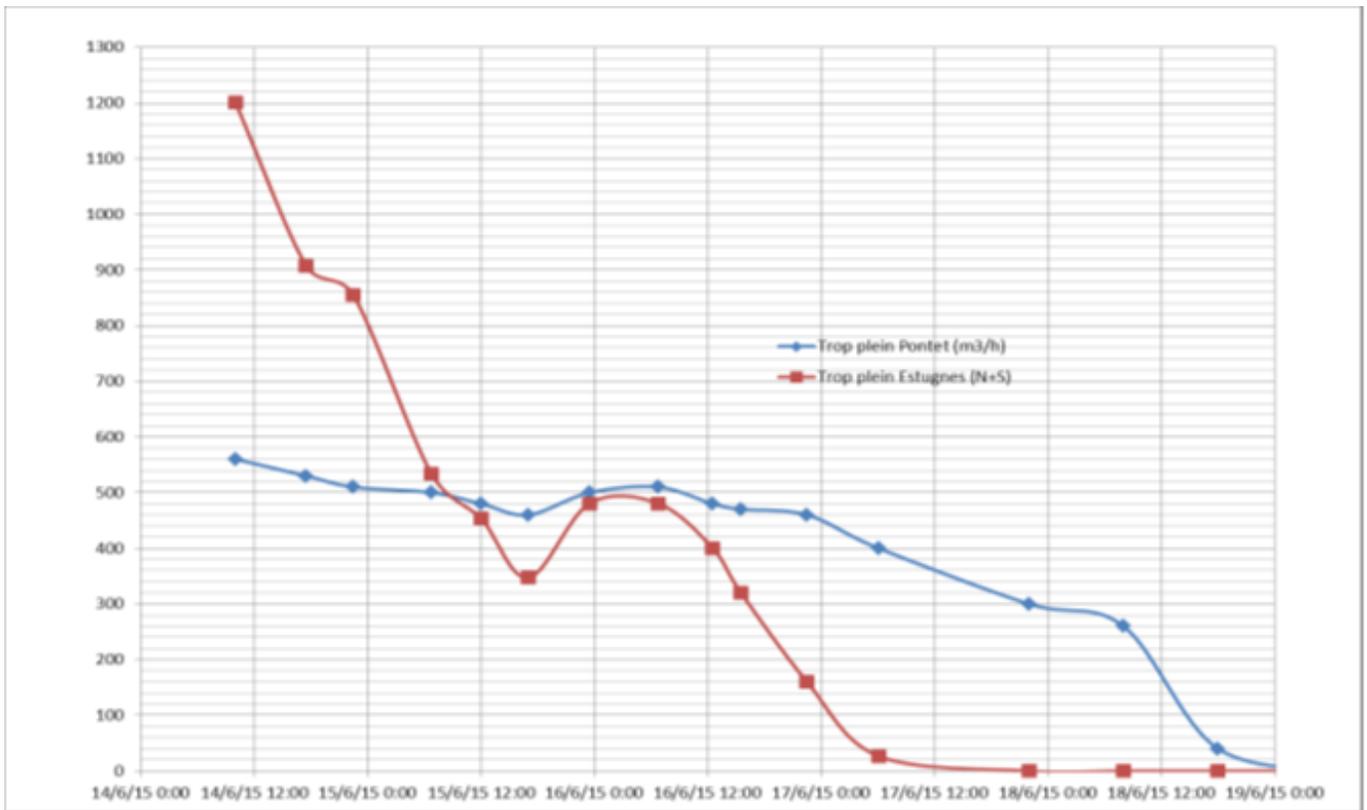


Figure 31 : suivi du débit de crue aux trop-pleins des Estugnes et du Pontet

L'observation de ces courbes permet d'apporter les informations suivantes :

- Le tarissement s'opère durant 80 h aux Estugnes et 115 h au Pontet ;
- Le débit de trop-plein au Pontet montre une relative stabilité alors qu'aux Estugnes, le débit de pointe est 2 fois plus élevé qu'au Pontet mais décroît beaucoup plus rapidement. Le trop-plein des Estugnes est probablement en position plus haute par rapport au Pontet, il réagit brutalement et temporairement aux crues par saturation du conduit karstique.

IV.3.5.3 Estimation des volumes de sortie de l'ensemble des trop-pleins et de l'exutoire principal connus

Ainsi, à partir des débits instantanés estimés sur chaque trop-plein intégrés en fonction du temps, les volumes d'eau sortis du système pendant l'épisode pluvieux survenu du 12 au 14 juin 2015 sont les suivants :

	Exutoires	Volume d'eau	Incertitude
Volumes sortis des trop-pleins	Baume de Chabanne	2 746 m ³	+/- 50%
	Event des Poubelles	12 648 m ³	+/- 10%
	TP Estugnes	42 954 m ³	+/- 20%
	TP Pontet Sud	41 625 m ³	+/- 10%
	Pontet sous alluviale	85 515 m ³	+/- 20%
Total		185 488 m³	+/- 20%

Tableau 6 : estimation des volumes de sortie

Remarque : les incertitudes sont données à titre indicative et sont fonction du nombre de mesures, de la fiabilité des relevés en crue, de la délimitation du bassin versant, et de l'estimation de la pluie efficace.

L'estimation des volumes sortis du système pendant l'épisode pluvieux du 12 au 14 juin 2015 est évalué à 185 488 m³.

IV.3.5.4 Essai de bilan du système sur la période août 2014 à août 2015

A partir de ces résultats ponctuels à l'échelle d'un épisode, nous proposons un essai de bilan reconstitué à partir des mesures réalisées pendant l'essai de traçage sur la période comprise entre le 1^{er} août 2014 et le 31 juillet 2015.

Sur cette base, la pluie efficace définie à partir des données de la station d'Aubenas est la suivante :

Pluie (01/08/2014-31/07/2015)	ETP (08/2014-07/2015)	Pluie - ETP	Pluie efficace pour 50%
1215,5 mm	98,7 mm	1116,8 mm	558,4 mm

Tableau 7 : calcul des pluies efficaces entre le 01/08/2014 et le 31/07/2015 - Station d'Aubenas

Les sorties ont ensuite été estimées sur la base de la chronique pluviométrique fournie par la station d'Aubenas sur le cycle annuel compris entre le 1er août 2014 et le 31 juillet 2015, couplée avec une approche d'estimation des débits de crues et des débits d'étiage aux exutoires.

Les hypothèses ci-après sont à prendre avec une grande prudence étant donné les nombreuses extrapolations réalisées.

Nous avons scindé les pluies en 4 catégories :

- 1- Sur chaque épisode de pluies exceptionnelles recensé, considérant qu'une pluie exceptionnelle est définie suivant une hauteur de précipitation supérieure à 40 mm/épisode, nous avons intégré 2 jours de plus de manière à prendre en compte l'effet de décrue, soit pour la période considérée 11 jours de pluie (hauteur des précipitations >40 mm) + 11x2jours, soit 33 jours auxquels nous affectons un débit de sortie de 670 l/s (cette valeur est extrapolée à partir de la courbe du trop-plein mesuré au Pontet lors de l'épisode pluvieux, et du résultat des jaugeages effectués le 17/06/2015 après l'épisode pluvieux).
- 2- Pour des épisodes pluvieux compris entre 20 et 40 mm, nous affectons la valeur de 360 l/s, extrapolée linéairement à partir du débit de crue mesuré durant l'épisode et du débit d'étiage de 130 l/s (débit moyen calculé par méthode chimique et jaugeages durant l'essai), débit également cohérent avec celui estimé en 2003 par Gombert.
- 3- Pour des épisodes entre 10 et 20 mm, nous avons affecté une valeur de 250 l/s selon la même méthode.
- 4- Enfin, pour les autres jours, nous affectons le débit d'étiage de 130 l/sec.

Le calcul est alors le suivant :

- Crue exceptionnelle (>40 mm) : $33 \times 670 \times 24 = 530\ 640$ l/s donc $\times 3,6 = 1\ 910\ 304$ m³.
- Crue « ordinaire » (entre 20 et 40 mm) : $33 \times 360 \times 24 = 285\ 120$ l/s donc $\times 3,6 = 1\ 026\ 432$ m³.
- Pluie Entre 10 et 20 mm : $54 \times 250 \times 24 = 324\ 000$ l/s donc $\times 3,6 = 1\ 166\ 400$ m³.
- Etiage : $245 \times 130 \times 24 = 764\ 400$ l/s donc $\times 3,6 = 2\ 751\ 840$ m³.

Soit un volume total de près de **6 854 976 m³**, volume auquel il faut rajouter les trop-pleins de Chabanne, Poubelles, Estugnes, Pontet et sous-alluvial évalués.

Ces sorties sont ponctuelles et actives uniquement lors des crues exceptionnelles comme celles du 12 au 14 juin 2015.

Lors de cet épisode, le débit a été estimé à 185 488 m³ (ensemble des trop-pleins) sur 2 jours. En intégrant cette valeur sur les 33 jours cumulés de pluies exceptionnelles, on obtiendrait un volume annuel de sortie par ces trop-pleins de $185\,488/2 \times 33 = 3\,060\,552$ m³.

Le volume de sortie reconstitué sur la période du 01/08/2014 au 31/07/2015 est alors estimé à **6 854 976 + 3 060 552 = 9 915 528 m³, soit près de 10 Mm³.**

La différence entre les volumes d'entrée estimés et les volumes de sortie reconstitués serait de **24,9-9,9 = 15 Mm³.**

Malgré les incertitudes sur le calcul des volumes d'entrées et de sorties, cette approche a le mérite de **mettre en évidence un fort déséquilibre.**

L'erreur sur les volumes d'entrée est globalement moins importante que celle qui peut être faite sur les volumes de sortie. Il faudrait, pour équilibrer ce bilan, que la recharge soit équivalente au volume des sorties ce qui revient à :

- soit abaisser les volumes d'entrée de 15 Mm³, soit une baisse de 60%, ce qui n'est pas réaliste.
- soit augmenter les volumes de sorties de la même valeur et c'est vers cet axe de recherche qu'il faut sans doute poursuivre les investigations.

IV.3.5.5 Estimation du volume des réserves

En 2003, GOMBERT estimait très grossièrement le volume de réserve à 30 Mm³ sur la base d'une hauteur saturée de 100 m et d'une porosité de 1% en intégrant la partie avale du massif.

Le profil géophysique réalisé dans le cadre de cette étude permet de préciser, d'une part, les épaisseurs des formations géologiques, et d'autre part, le pendage des couches. Ce profil a été mis en œuvre dans la zone centrale de l'unité karstique Nord Vogüé, immédiatement à l'aval hydraulique du réseau de Chabanne là où le niveau du toit de la zone noyée en étiage est évalué entre 180 et 210 m NGF.

Par une approche similaire à celle effectuée par GOMBERT (superficie, hauteur de la zone noyée et porosité moyenne du milieu), une nouvelle estimation du volume de la zone noyée peut-être proposée :

- Superficie de la zone noyée (Figure 32) : considérant l'absence de zone noyée au droit de la Combe Rajeau, l'absence de trop-plein dans la partie amont de la vallée de la Louyre et la rapidité avec laquelle les trop-pleins Chabanne et Poubelles ont fonctionné à l'occasion de l'expérience de traçage, nous limitons grossièrement la zone noyée au sud du réseau de Chabanne. La superficie prise en compte est alors d'environ 21 km².

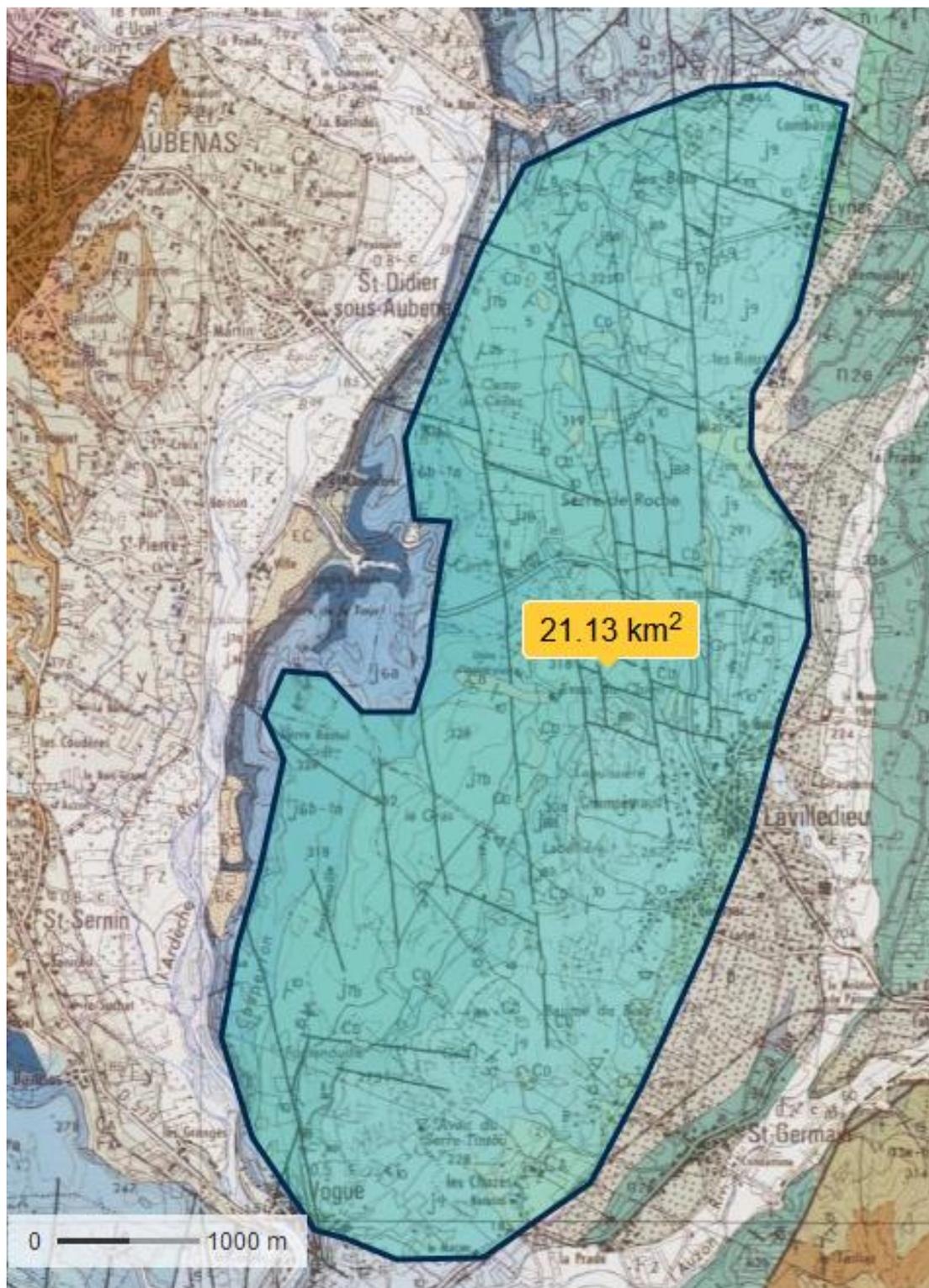


Figure 32 : représentation de la superficie prise en compte dans l'estimation du volume noyé

- Epaisseur de la zone noyée (Figure 33) : considérant les résultats du profil géophysique, la cote du toit de l'aquifère (entre 180 et 210 m NGF) estimée au droit du profil géophysique, nous en déduisons une tranche d'eau d'épaisseur maximale de 180 à 210m à l'Est du système et 80 à 110 m à l'Ouest en raison des pendages et du contact avec les niveaux plus marneux de l'Oxfordien (J_{6a}), soit une épaisseur moyenne très grossière de la zone noyée sur la surface retenue de 145m.

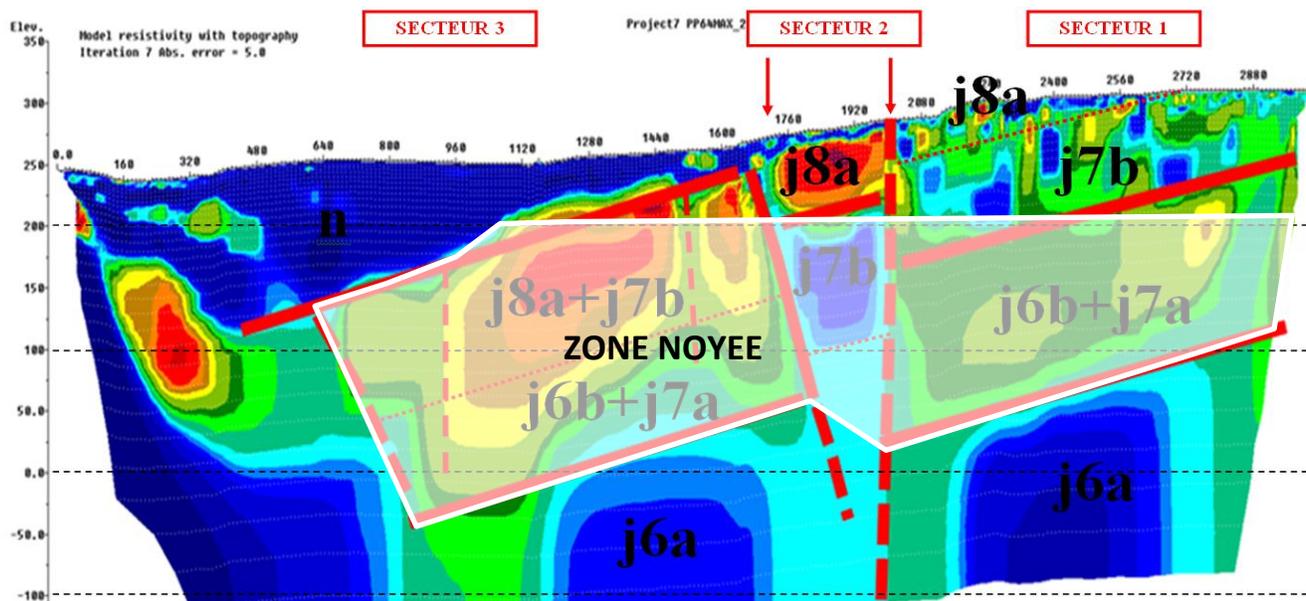


Figure 33 : représentation des limites de la zone noyée sur une section centrale

- Porosité : la valeur de porosité globale des calcaires prise à 1% par GOMBERT est conservée.

D'après la forme grossière représentée sur la Figure 34, nous obtenons un volume de formation encaissante d'environ 3,13 milliards de m³, soit un volume aquifère d'environ 31,32 Mm³ en prenant compte une porosité de 1%. Nous obtenons donc une réserve du même ordre de grandeur que celle définie par Gombert en 2003.

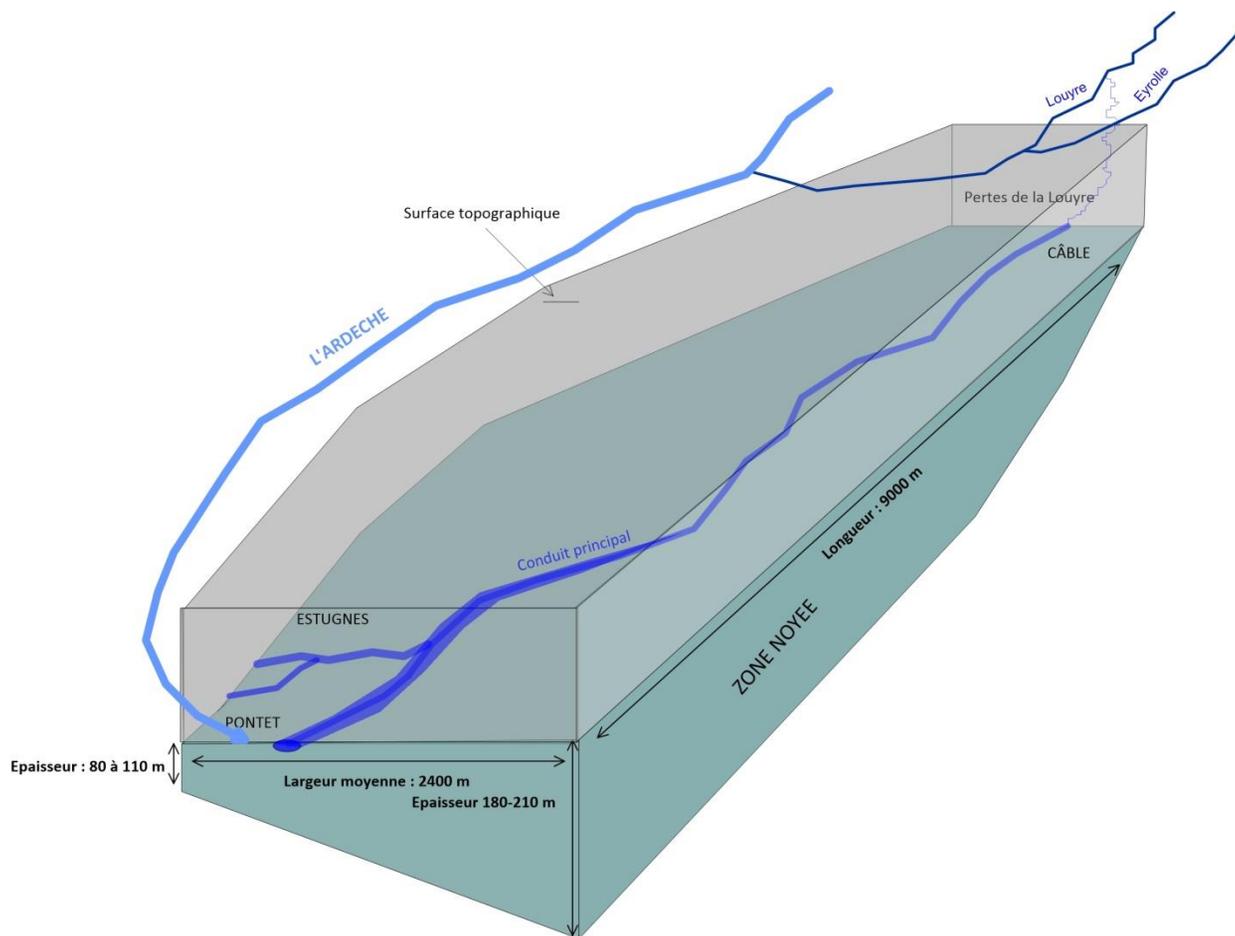


Figure 34 : représentation géométrique grossière du réservoir aquifère du système Nord-Vogüé

IV.4 RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE

IV.4.1 RAPPEL DU DISPOSITIF MIS EN ŒUVRE

Le dispositif du traçage comprenait :

- 3 points d'injection : l'acide amino G (21 kgs) a été injectée le 10/06/2015 à 10h26 dans les pertes du glou-glou (vallée de la Louyre à 402m NGF). La fluorescéine (9 kgs) et la sulforhodamine B (8,5 kgs) ont été injectées, le même jour, en cavité souterraine, et respectivement à la Combe Rajeau (chatière mouillante à 400 m NGF) à 12h00 et dans le siphon aval de la grotte du câble (232 m NGF) à 11h05.
- 5 points de suivi ont fait l'objet de suivi à l'aide d'un fluorimètre. Il s'agit de l'abîme Valérie (au niveau de la rivière Nutella soit à environ 325 m NGF), le siphon amont de la grotte du câble (242 m NGF soit 10m plus haut que le siphon aval), le siphon des Estugnes Nord (145 m NGF) et les siphons amont et aval des sources du Pontet (144m NGF). Un préleveur automatique a été mis en place en doublon sur le siphon aval des sources du Pontet et des prélèvements d'eau ont été régulièrement échantillonnés sur l'ensemble de ces points à chaque visite.
- 4 points de suivi supplémentaires ont fait l'objet de suivi à l'aide de fluo-capteurs et de prélèvements à chaque visite : la baume de Chabanne (221 m NGF), l'évent des Poubelles (deux griffons situés à environ 215 m NGF), Chabanne 2 (Face Chabanne) et le trop plein des Estugnes Sud (146 m NGF).

La carte de la Figure 35 localise les différents points d'injection et de suivi.

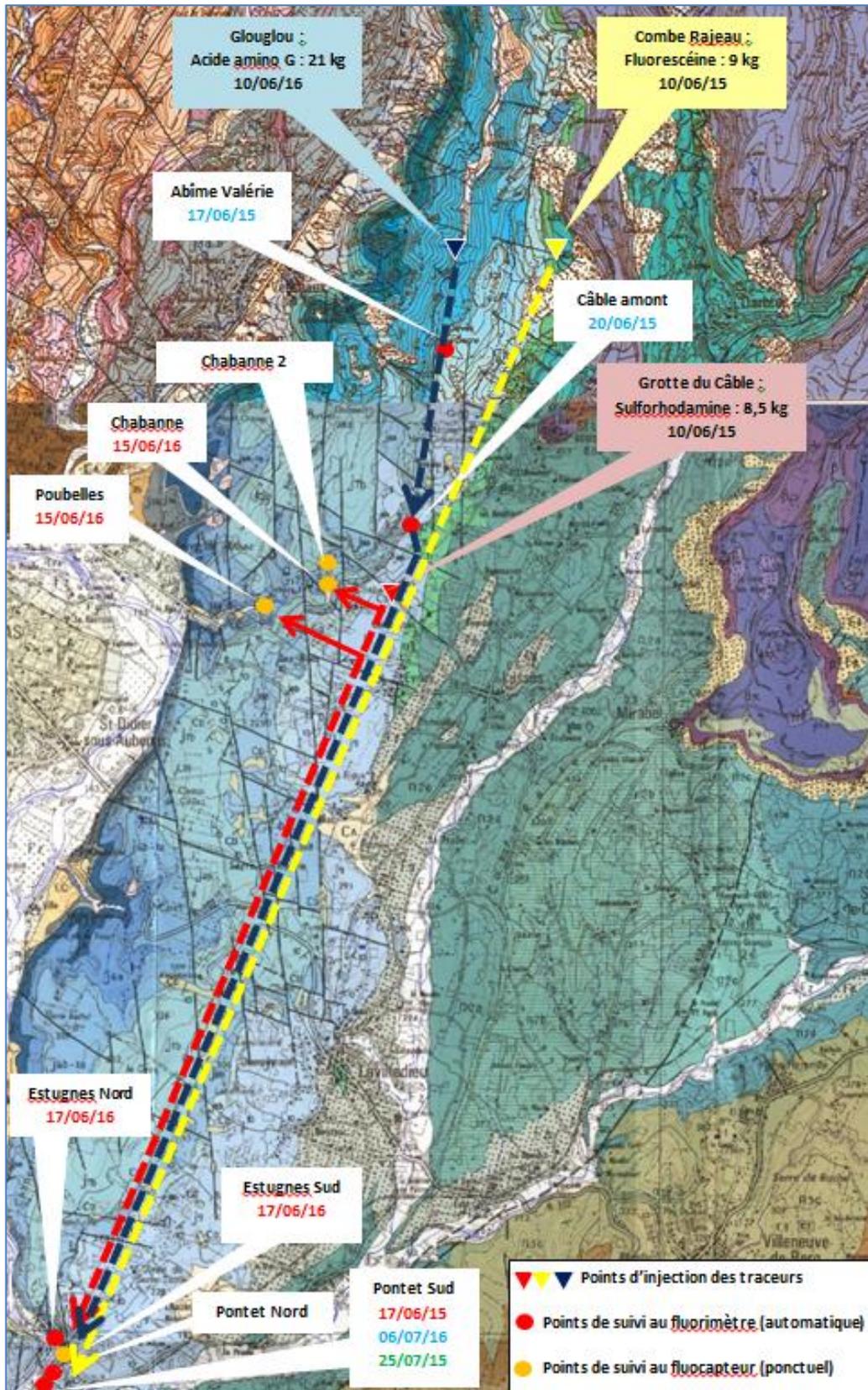


Figure 35 : localisation des points d'injection et des points de suivi



Figure 36 : Photographies prises lors de l'injection de la fluorescéine à la Combe Rajeau (à gauche) et de la sulforhodamine B à la grotte du câble (à droite) le 10/06/2015



Figure 37 : Photographies prises lors de l'injection de l'acide amino G à la perte du Glou-Glou (10/06/2015)



Figure 38 : Photographies des systèmes de surveillance (préleveur automatique et fluorimètre installés aux sources du Pontet)

IV.4.2 RESTITUTION DES TRACEURS

Les paragraphes suivants synthétisent les principaux résultats obtenus. L'ensemble des résultats du traçage est synthétisé sur le Tableau 13.

IV.4.2.1 La sulforhodamine B

Les courbes de restitution de la sulforhodamine B sont présentées sur la Figure 40.



Figure 39 : photos de la restitution de la Sulforhodamine B à la grotte de Chabanne (16/06/15)

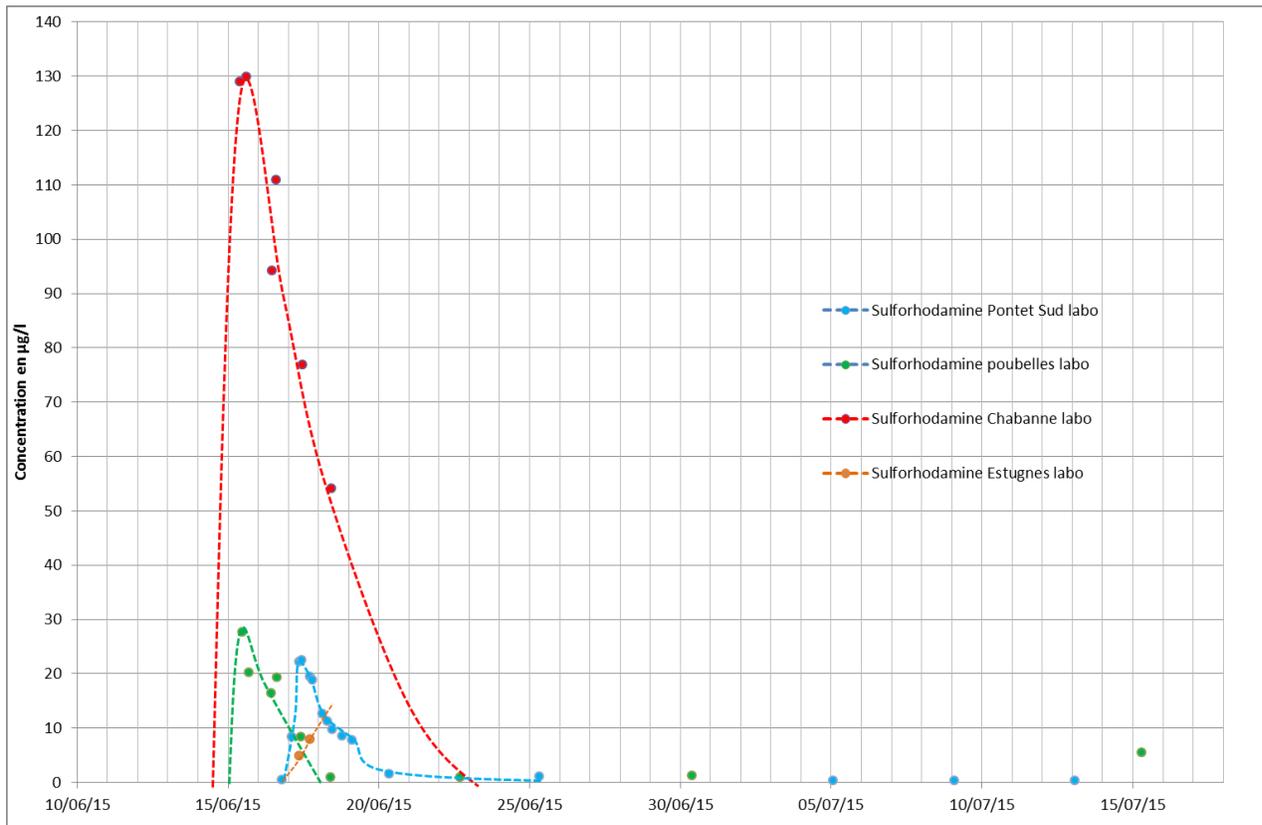


Figure 40 : courbes de restitution de la sulforhodamine B au droit des différents points de suivi

La sulforhodamine B sort au bout de 3,5 jours (environ 85 heures) à la grotte de Chabanne et à l'évent des Poubelles. Cette sortie rapide fait suite à l'évènement pluvieux survenu entre le 12 et le 14 juin, soit 2,5 jours après l'injection des trois traceurs. Ce traceur est donc partiellement et clairement « chassé » hors du système et il semble que la plus grosse partie de la masse injectée ressorte sur les trop-pleins. On constate en effet une forte chute des concentrations de l'amont vers l'aval.

A l'aval, tous les exutoires sont marqués, y compris au droit des Estugnes sud (fluo-capteur positif) et à la sortie sous-alluviale située en aval du pont, laquelle s'est remise à fonctionner le temps de l'épisode pluvieux. La coloration y a été détectée à l'œil nu mais les deux prélèvements effectués à partir du 17/06 sont négatifs et sont sans doute trop tardifs par rapport au pic de l'évènement.

En ce qui concerne l'allure des courbes, nous constatons des temps de passage très courts (de l'ordre de quelques jours) sans aucun doute à mettre en relation avec l'effet de « chasse » provoqué par l'épisode pluvieux qui a poussé le traceur dans le réseau et ainsi accéléré sa vitesse de transit et son temps de passage aux différents points de surveillance.

On remarque également qu'à la source du Pontet Sud, la courbe de restitution présente un ressaut, probablement en relation avec le second épisode pluvieux (distant de quelques heures par rapport au premier), et confirmant l'effet de « chasse » provoqué par les pluies. Ce ressaut pourrait correspondre à de la sulforhodamine B encore piégée après les premières pluies puis évacuée au cours du second épisode.

Les principaux résultats tirés de ce traçage sont résumés dans le Tableau 8 suivant.

GROTTE DU CÂBLE : injection de 8,5 kg de Sulforhodamine B				
Concentration initiale (g/l)	121			
Point de suivi	Chabanne	Poubelles (Ht+Bas)	Estugnes Nord	Pontet Sud
Temps de première arrivée (h)	85	85	155,5	149,5
Temps au pic (h)	120	124,5	225,5	170
Vitesse maximale (m/h)	12,9	17,6	54,7	60,2
Concentration maximale (µg/l)	130	28	48	22
Temps de passage (heure/jour)	48/2	96/4	Piégée	120/5
Taux de dilution maximal	1/930 770	1/4 321 428	1/2 520 833	1/5 500 000
Masse restituée (g)	351 +/-15%	313 +/-15%	70 +/-15%	2007 +/-15%

Tableau 8 : résultats de la sulforhodamine B

Remarque : les masses portées dans ce tableau ont été calculées en intégrant les courbes de débits mesurés à chaque sortie, par rapport aux concentrations en traceurs pour chaque jour de suivi. Les tableaux de calcul sont présentés sur les annexes Annexe 3 à Annexe 8.

La masse totale de sulforhodamine B restituée calculée est de 2741 g soit seulement un tiers de la masse injectée (32%) ce qui est très faible.

Pour réaliser ce calcul, les débits pris en compte correspondent :

- Pour la grotte de Chabanne, aux différents jaugeages réalisés à la sortie de la grotte,
- Pour l'évent des Poubelles, aux différents jaugeages effectués sur les deux sorties qui composent cet événement,
- Pour la source Pontet Sud, à une transposition de la courbe de tarissement réalisée sur la grotte du câble au niveau du Pontet (Annexe 3 à Annexe 8).

Remarque : la grotte de Chabanne est constituée des siphons S1 et S2. Seul le siphon S2 est connecté au réseau et induit, lors de sa mise en charge, un débordement vers S1 puis vers la sortie de la grotte. Le siphon S1, dont le volume en charge est estimé par les spéléologues à 2000 m³, fonctionnerait donc comme une vasque dans laquelle une partie du colorant a été probablement piégé. En intégrant ce volume complémentaire à la concentration retrouvée au trop plein (car pas de mesure de concentration directe dans le S1), on obtiendrait une masse supplémentaire de 260 g, valeur faible qui n'explique pas complètement la restitution partielle obtenue.

Le déficit de masse obtenu par le calcul peut être lié à plusieurs facteurs classés par ordre d'importance :

- **une sous-estimation des quantités ressorties à l'occasion du pic de crue au niveau des trop-pleins avec en cause :**
 - des incertitudes de calcul des débits mesurés sur la grotte de Chabanne et l'évent des Poubelles au moment de l'épisode pluvieux,
 - des incertitudes sur les débits reconstitués pour la source du Pontet Sud,
 - l'impossibilité d'évaluer les masses ressorties au droit des sources sous-alluviales à l'aval du Pontet au moment de la remise en fonctionnement de ce trop-plein ;
- le piégeage de certaines masses de produit dans des zones mortes du karst qui n'ont pas pu être mesurées (Siphon S1 de Chabanne).

IV.4.2.2 Comparaison des résultats de la restitution de la sulforhodamine B avec ceux de 2003

Le Tableau 9 permet de comparer les résultats du traçage de 2015 à ceux du traçage de 2003 que nous avons tenté de réinterpréter.

Sulforhodamine B : GROTTTE DU CÂBLE → PONTET SUD		
Année	2015	2003
Temps de première arrivée (h)	149,5	552
Temps au pic (h)	170	600
Temps de passage (jour)	5	4
Vitesse maximale (m/h)	60,2	13

Tableau 9 : comparaison des résultats des traçages à la sulforhodamine B entre 2003 et 2015

Le rapport CERGA de 2003 mentionne un épisode orageux intervenu seulement quelques jours avant la restitution du traceur au Pontet. Cependant, cet épisode n'est pas chiffré et n'a pas été caractérisé du point de vue du débit.

D'après les données pluviométriques d'août 2003 de la station d'Aubenas, il est tombé 9,5 mm le 07 août puis 9,5 mm les 13 et 14 août, puis 26 mm les 17 et 18 août et enfin 8,5 mm le 20 août avant la sortie de la sulforhodamine B le 23 août. Il ne s'agit donc pas d'un événement pluvieux unique, mais d'une succession de petits événements avec un maximum enregistré les 17 et 18 août pour une pluie cumulée de 26 mm. Ces conditions météorologiques sont donc peu comparables avec celles de 2015, les précipitations de 2003 sont surtout presque deux fois moins importantes en quantité mais plus étalées dans le temps. Elles correspondraient à une pluie efficace de l'ordre de 10 l/m^2 soit un peu moins de $450\,000 \text{ m}^3$ d'eau en recharge sur l'ensemble de la superficie du système ce qui est finalement très faible (1,4%).

Ces pluies ont toutefois été suffisantes pour faire fonctionner le trop-plein des Poubelles (fluo-capteur positif), mais insuffisant pour faire fonctionner le trop-plein de Chabanne (fluo-capteur négatif), situé un peu plus haut.

Il semble donc approprié de baser le calcul du taux de restitution de la sulforhodamine en 2003 sur un débit d'étiage voisin de celui calculé au moment du traçage, soit 125 l/sec , ce qui donnerait aux sources du Pontet, une masse restituée de l'ordre de $2\,900 \text{ g}$ soit 97% de restitution.

A la différence du résultat obtenu en 2015, on arrive ici à une restitution totale du traceur.

La principale différence concerne l'activation du trop-plein de Chabanne en 2015 par rapport à 2003 et probablement celle des sorties sous-alluviales dont il n'est pas fait mention dans le rapport de GOMBERT au moment de la sortie du traceur.

On peut donc émettre l'hypothèse forte que les 2/3 du traceur non restitués dans le calcul de 2015 sont le fait des incertitudes sur les calculs de débit et **conclure sur l'existence d'une perte importante de produit à l'occasion de l'épisode pluvieux survenue entre le 12 et le 14 juin 2015.**

IV.4.2.3 L'acide amino G

Les courbes de restitution de l'acide amino G (AAG) sont présentées sur la Figure 41.

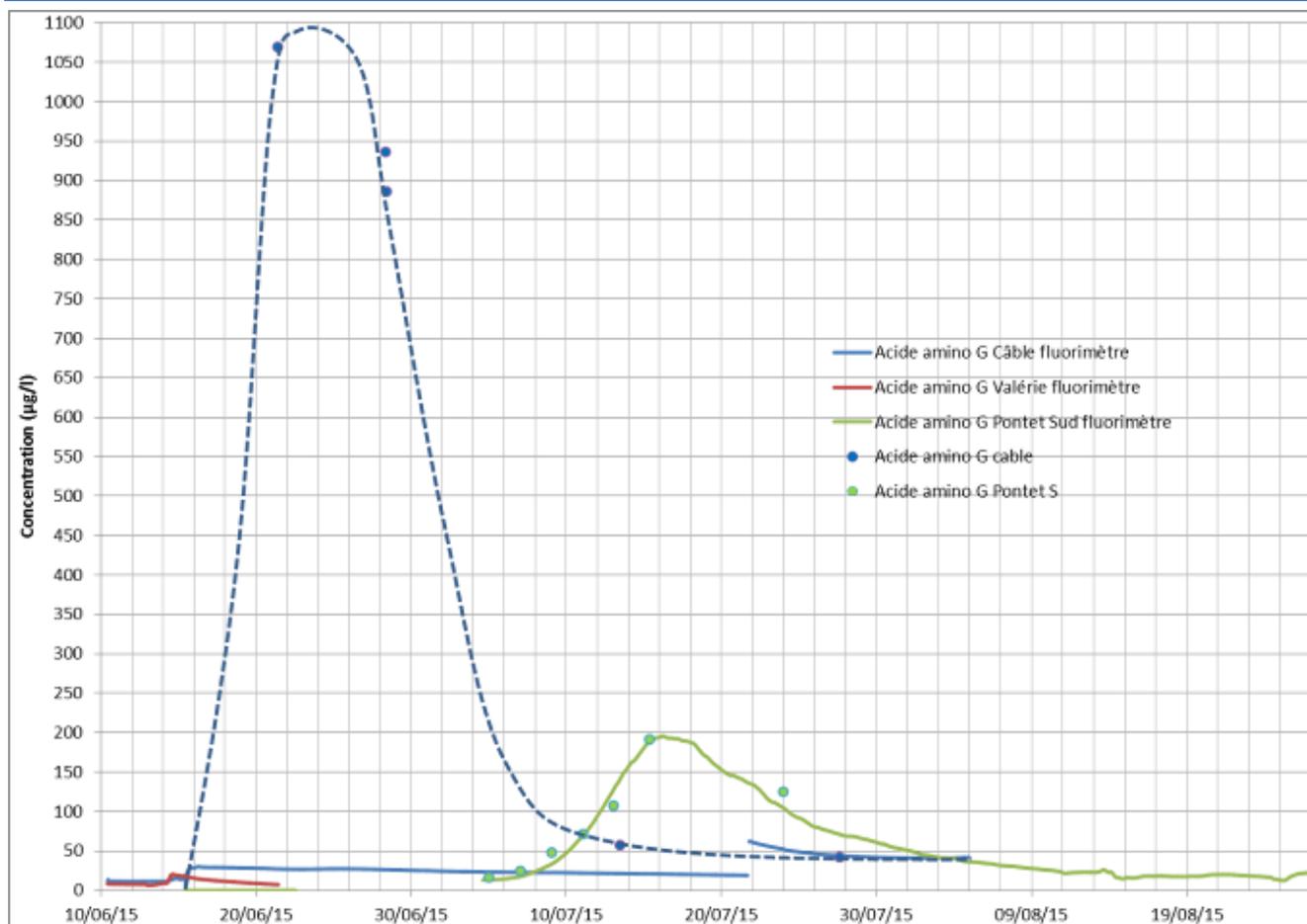


Figure 41 : courbes de restitution de l'acide amino G

L'acide amino G passe au bout d'un peu plus de 3 jours à l'abîme Valérie, après près de 4,5 jours à la grotte du câble et au bout de 16-17 jours à la source Pontet Sud.

Ce traceur a sans aucun doute été également poussé sur la première partie de son trajet jusqu'à la grotte du câble par les pluies survenus du 12 au 14 juin. Néanmoins, il y arrive tardivement (environ 1 jour plus tard) et de manière un peu plus étalée après l'évènement pluvieux. Ceci permet de faire l'hypothèse d'une zone d'infiltration moins performante entre les pertes de la Louyre (Glou-Glou) et l'abîme Valérie ou la vitesse d'écoulement calculée est plus lente (15,3 m/h).

Cette arrivée plus tardive à la grotte du câble explique également pourquoi l'AAG ne ressort pas au droit des trop-pleins dans la basse vallée de la Louyre (Grotte de Chabanne et Event des Poubelles) et à fortiori aux Estugnes Nord et Sud.

A l'aval, seule la source de Pontet Sud est marquée et fournit une restitution du traceur qui reste rapide (30,8 m/h) et qui corrobore la vitesse de sortie plus rapide de la sulforhodamine B dans des conditions plus favorables.

Les principaux résultats tirés de ce traçage sont résumés dans le Tableau 10 suivant.

PERTE DU GLOU-GLOU : injection de 21 kg d'acide amino G			
Concentration initiale (g/l)	84		
Point de suivi	Abîme Valérie	Grotte du câble	Pontet Sud
Temps de première arrivée (h)	78,5	106,5	400
Temps au pic (h)	98,5	336	625
Vitesse maximale (m/h)	15,3	30,0	30,8
Concentration maximale (µg/l)	21	1100	200
Temps de passage (heure)	192 (8 jours)	720 (30 jours)	912 (38 jours)
Taux de dilution	1/4 000 000	1/76 363	1/420 000
Masse restituée (g)	-	23800 +/- 15%	20080 +/- 15%

Tableau 10 : résultats de l'acide amino G

En tenant compte des incertitudes de calcul (résultant de l'estimation des débits et de l'intégration de la courbe de restitution), on peut conclure que l'AAG a été restituée à 100% lors de son passage au Câble mais également à l'exutoire de Pontet Sud.

L'allure très étalée de la courbe provient du fait que :

- L'injection a été réalisée en zone non saturée et de surcroît avec un très faible débit continu pour pousser le traceur (1 à 2 m³/h).
- L'épisode de crue s'est terminé peu avant le passage de l'AAG au câble, le traceur n'a donc pas été entraîné hors du réseau comme la sulforhodamine B.

Ce résultat est donc relativement comparable à celui obtenu grâce à la réinterprétation des données de restitution de la sulforhodamine B en 2003.

La vitesse d'écoulement calculée à partir de la restitution de la sulforhodamine B en 2003 jusqu'au Pontet est deux fois plus faible que celle calculée pour l'acide amino G en 2015. Cette différence est sans aucun doute liée aux conditions météorologiques différentes, et plus particulièrement à l'épisode pluvieux survenue entre le 12 et le 14 juin 2015 qui a entraîné plus rapidement l'AAG vers l'exutoire du Pontet.

La courbe de restitution de l'AAG est un résultat très intéressant qui mérite d'être complétée par une nouvelle expérience de traçage réalisée dans des conditions d'étiage plus sévères.

IV.4.2.4 La Fluorescéine

Les courbes de restitution de la fluorescéine sont présentées sur la Figure 42.

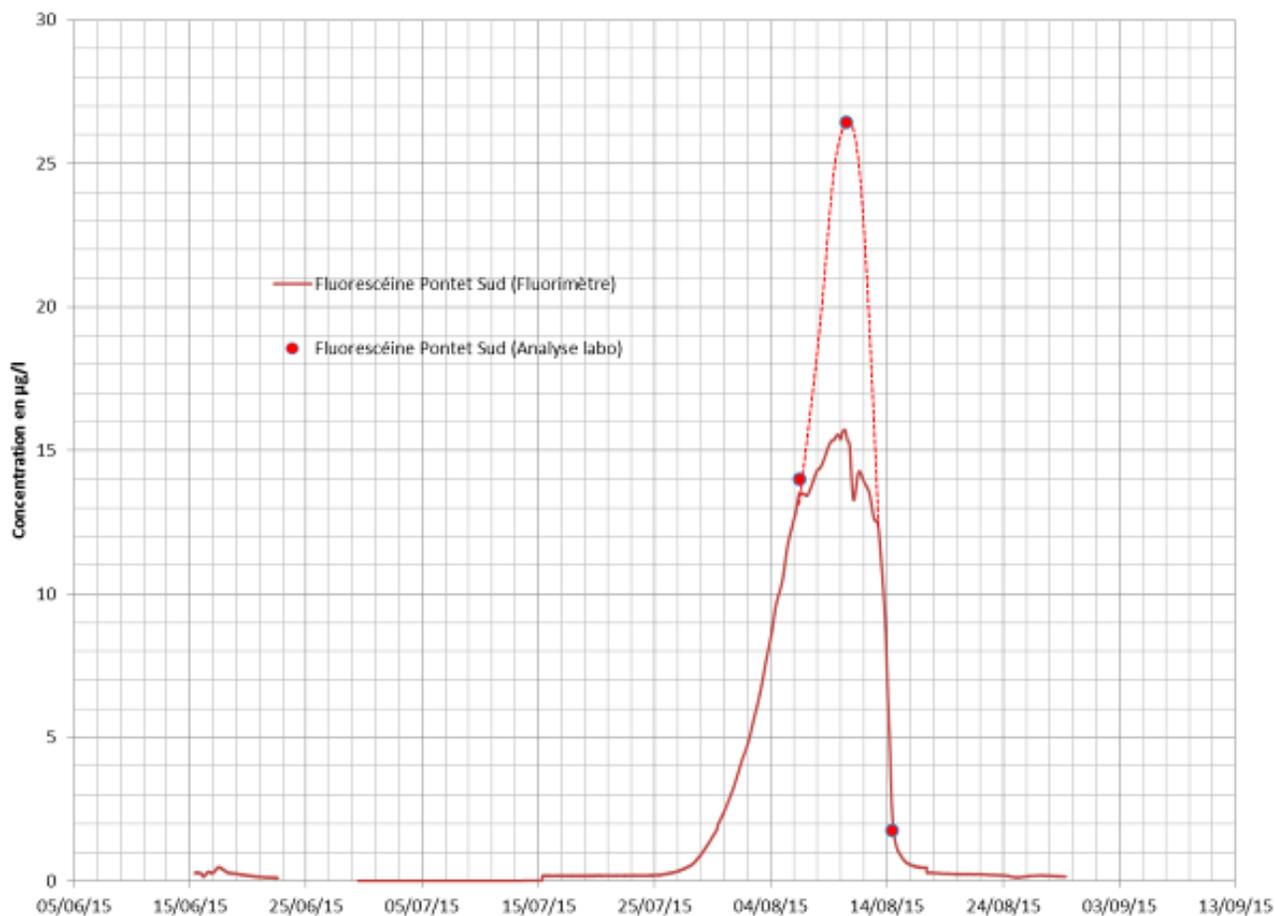


Figure 42 : courbe de restitution de la fluorescéine aux sources de Pontet Sud

Les principaux résultats tirés de ce traçage sont résumés dans le Tableau 11 suivant.

COMBE RAJEAU : injection de 9 kg de Fluorescéine	
Concentration initiale (g/l)	84
Point de suivi	Pontet Sud
Temps de première arrivée (h)	1079
Temps au pic (h)	1464
Vitesse maximale (m/h)	12,4
Concentration maximale (µg/l)	26,5
Temps de passage (heure)	528 (22 jours)
Taux de dilution	1/3 169 811
Masse restituée (g)	1509

Tableau 11 : résultats de la fluorescéine

La fluorescéine est sortie exclusivement aux sources du Pontet Sud au bout d'un peu moins de 45 jours. Ce traceur a pu être également poussé sur la première partie de son trajet, mais cet épisode ne semble pas avoir eu un réel effet sur la vitesse d'écoulement.

On notera que la fluorescéine ne passe pas par la grotte de câble ce qui montre l'existence d'un écoulement parallèle dans la partie amont de ce dernier et/ou l'existence de conduits de trop-pleins non actifs hors période de précipitation.

A la différence de la sulforhodamine B, mais de manière similaire à l'acide amino G, l'épisode pluvieux intervient trop tôt pour produire un effet de chasse sur le trop-plein de Chabanne, relation démontrée par d'autres traçages antérieurs.

La fluorescéine passe plus lentement aux sources du Pontet que la sulforhodamine B en 2003 et à fortiori en 2015. Ce temps de passage est également plus faible que celui de l'acide amino G aux sources du Pontet alors que contrairement à la fluorescéine, l'AAG a été injectée en zone non saturée avec une durée de chasse limitée dans le temps.

Pour le calcul de la masse restituée au Pontet, nous avons appliqué un débit fixe de 280 m³/h basé sur une extrapolation, transposée au Pontet, de la courbe de tarissement du débit au niveau de la grotte du Câble.

La masse totale restituée calculée dans ses conditions est de 1509 g soit seulement 17% de restitution aux sources du Pontet, seul point de suivi ayant permis d'observer le passage de la fluorescéine.

IV.4.2.5 Comparaison des résultats obtenus en 2015 avec la fluorescéine avec ceux de 2003

Le Tableau 12 permet de comparer les résultats du traçage de 2015 à ceux du traçage de 2003 que nous avons également réinterprétés.

Fluorescéine : COMBE RAJEAU → PONTET SUD		
Année	2015	2003
Temps de première arrivée (h)	1079	624
Temps au pic (h)	1464	672
Temps de passage (jour)	22	>10
Vitesse maximale (m/h)	12,4	21

Tableau 12 : comparaison des résultats des traçages à la fluorescéine en 2003 et 2015

Nous rappelons que l'essai de 2003 a connu des conditions météorologiques différentes de celles de 2015, à savoir plusieurs précipitations de faibles importances et un cumul maximum sur 48h de 26 mm, 8 jours avant la sortie du traceur.

En 2015, il est enregistré un seul évènement pluvieux d'importance (90mm) 2 jours après l'injection.

Cette différence semble induire une arrivée plus rapide de la fluorescéine en 2003 et un temps de passage qui semble également plus court, bien qu'incomplet.

En 2003, la fluorescéine a probablement été remobilisée à plusieurs reprises par les différents petits événements pluvieux.

En 2015, l'évènement pluvieux survenu en début d'essai, entre le 12 et le 14 juin a sans doute contribué à l'accélération de l'écoulement du traceur vers la zone noyée, puis le passage s'est ensuite effectué suivant l'écoulement naturel, de manière plus lente et sans poussée supplémentaire.

Pour le calcul du taux de restitution de 2003, nous appliquons, comme pour la sulforhodamine B, un débit d'étiage aux sources du Pontet de 125 l/s, soit une masse restituée de 415 g et donc une restitution de 3,2 % de fluorescéine.

La masse restituée ainsi calculée est anormalement plus faible que celle obtenue en 2015 alors que le traceur est détecté plus tôt et qu'il passe plus vite.

Contrairement aux résultats obtenus pour l'acide amino G en 2015 et pour la sulforhodamine B en 2003 où la restitution est complète au droit des sources du Pontet, les résultats des traçages à la fluorescéine réalisés en 2003 et 2015 indiquent clairement l'absence d'une restitution totale.

Le comportement de la fluorescéine en 2003 et 2015 semble donc différent de celui de la sulforhodamine B en 2003 et de l'acide amino G en 2015, ce qui permet de faire l'hypothèse forte de trajets différents.

Ces deux axes de drainage pourraient avoir néanmoins une ou plusieurs liaisons communes, notamment vers les trop-pleins de Chabanne et des Poubelles.

IV.4.2.6 Récapitulatif des résultats du traçage

Le Tableau 13 et les figures propose un récapitulatif des résultats de l'essai multi-traçage réalisé sur le système Nord Vogüé. Les figures Figure 43 à Figure 46 illustrent les résultats.

Type de traceur	Acide Amino G	Sulforhodamine B	Fluorescéine	
Lieu d'injection	Perte du Glou Glou	Grotte du Câble	Combe Rajeau	
Quantités injectées (kg)	21	8,5	9	
Conditions d'injection	Dans une perte	Dans un flux actif	Dans un flux actif	
Volume initial de la solution (l)	250	70	30	
Concentration initiale (g/l)	84	121	300	
Date et heure d'injection	10/06/15 à 10h26	10/06/15 à 11h05	10/06/15 à 12h00	
Temps d'injection (min)	55	30	15	
Temps de première arrivée (h)	Grotte de Chabanne	85		
	Event des Poubelles	85		
	Estugnes	155,5		
	Pontet Sud	400	149,5	1079
	Abîme Valérie	78,5		
	Grotte du câble amont	106,5		
Temps au pic (h)	Grotte de Chabanne	120		
	Event des Poubelles	124,5		
	Estugnes	225,5		
	Pontet Sud	625	170	1464
	Abîme Valérie	98,5		
	Grotte du câble amont	336		
Vitesse maximale (m/h)	Grotte de Chabanne	12,9		
	Event des Poubelles	17,6		
	Estugnes	54,7		
	Pontet Sud	30,8	60,2	12,4
	Abîme Valérie	15,3		
	Grotte du câble amont	30		
Masse restituée (%)	Grotte de Chabanne	4,1		
	Event des Poubelles	3,7		
	Estugnes	0,8		
	Pontet Sud	95,6	23,6	16,7
	Abîme Valérie			
	Grotte du câble amont	100		

Tableau 13 : tableau récapitulatif de l'ensemble des données du multi-traçage

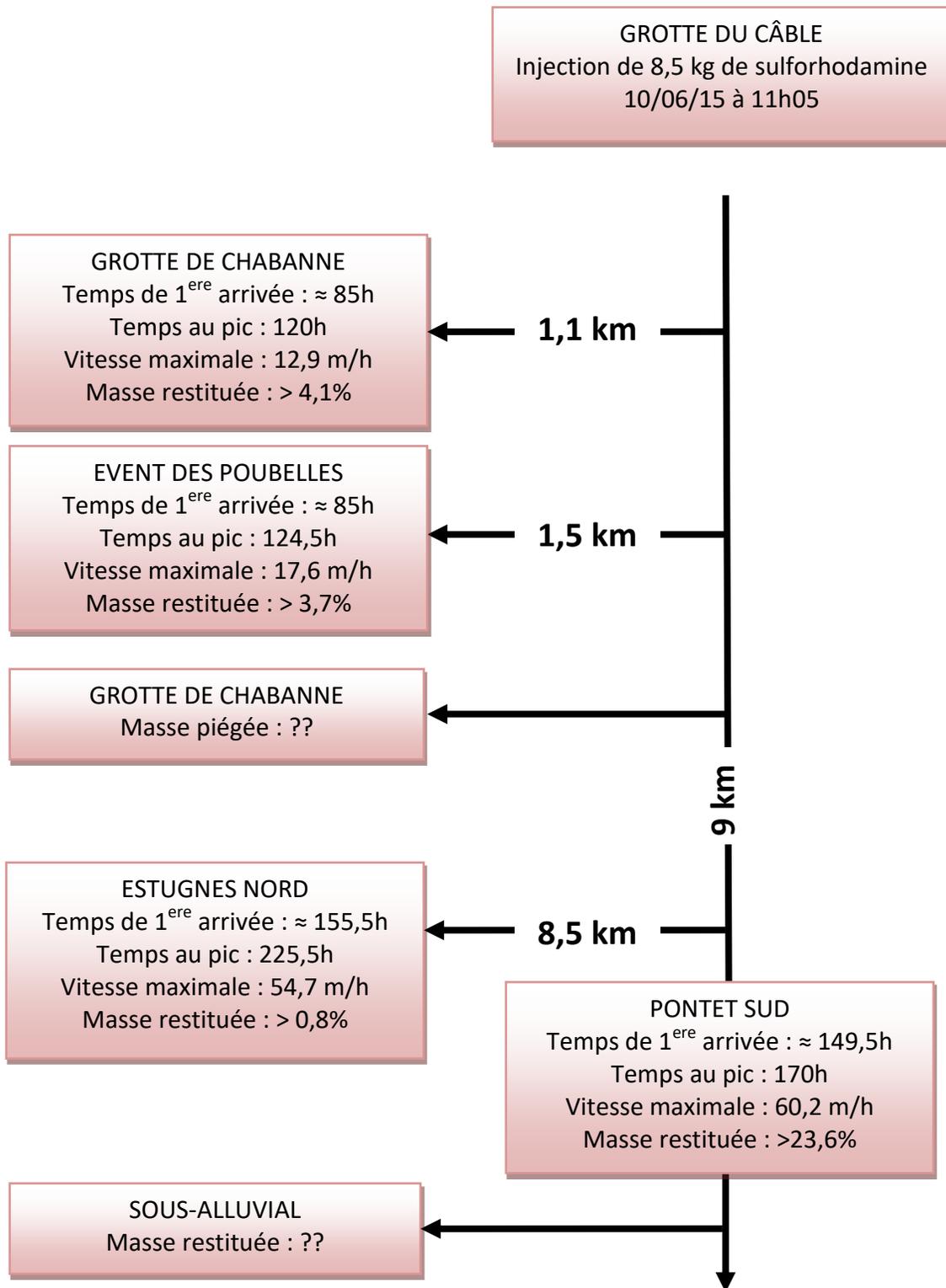


Figure 43 : schématisation des résultats du traçage à la sulforhodamine B

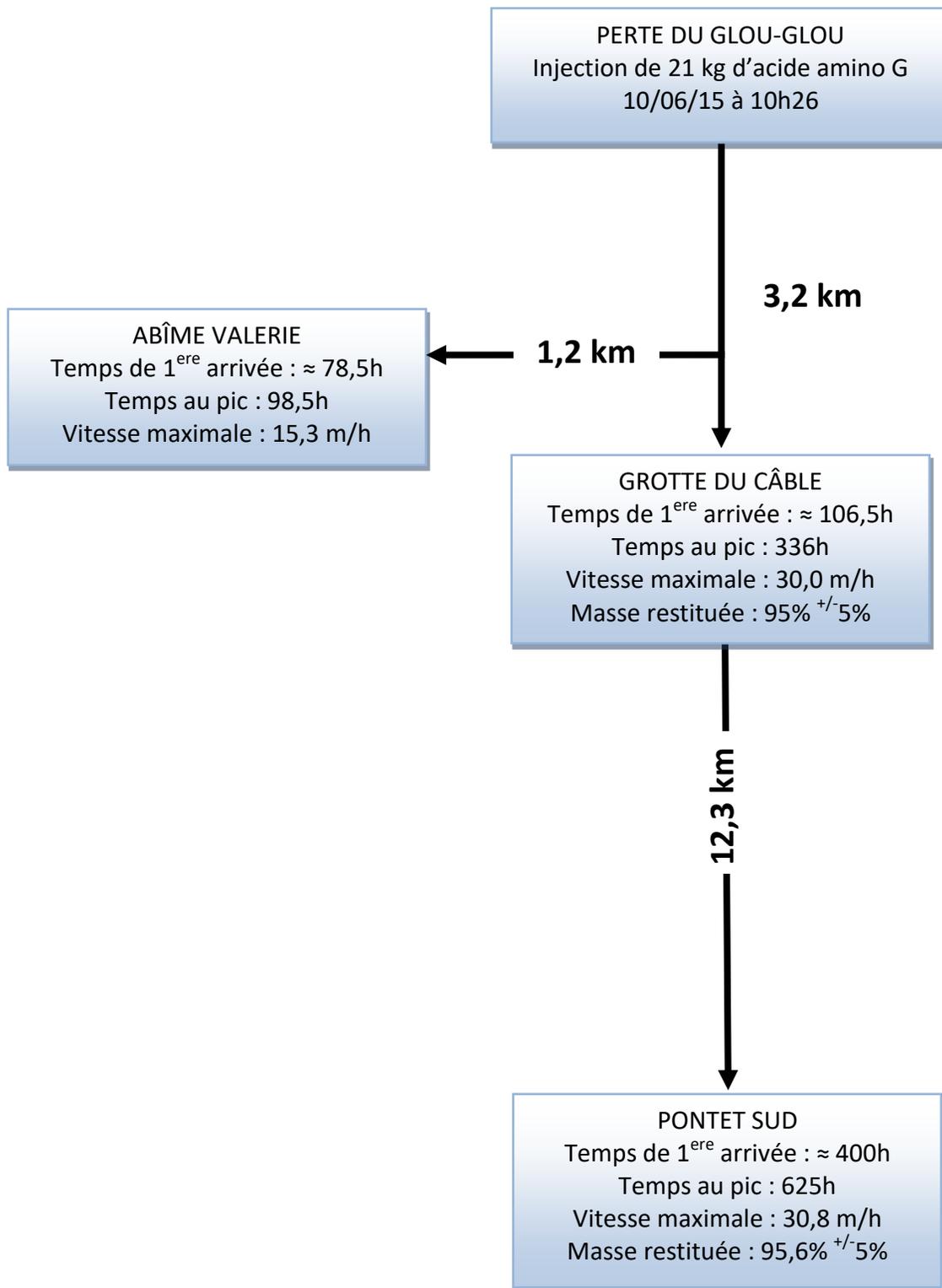


Figure 44 : schématisation des résultats du traçage à l'acide amino G

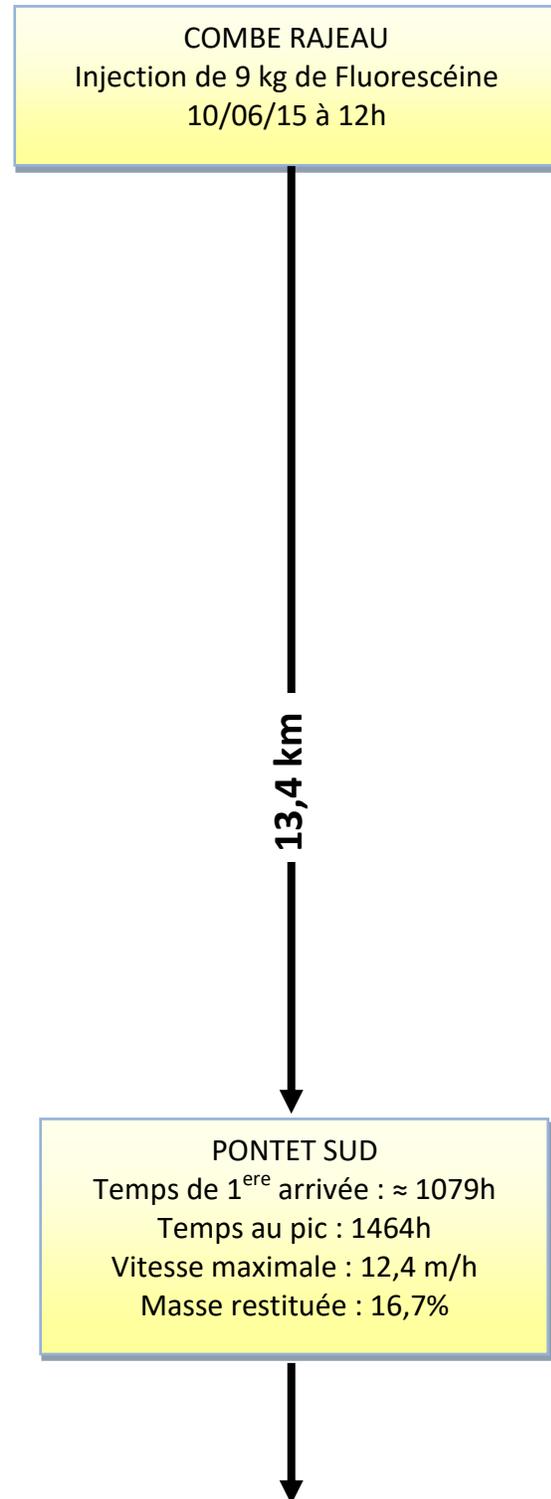


Figure 45 : schématisation des résultats du traçage à la fluorescéine

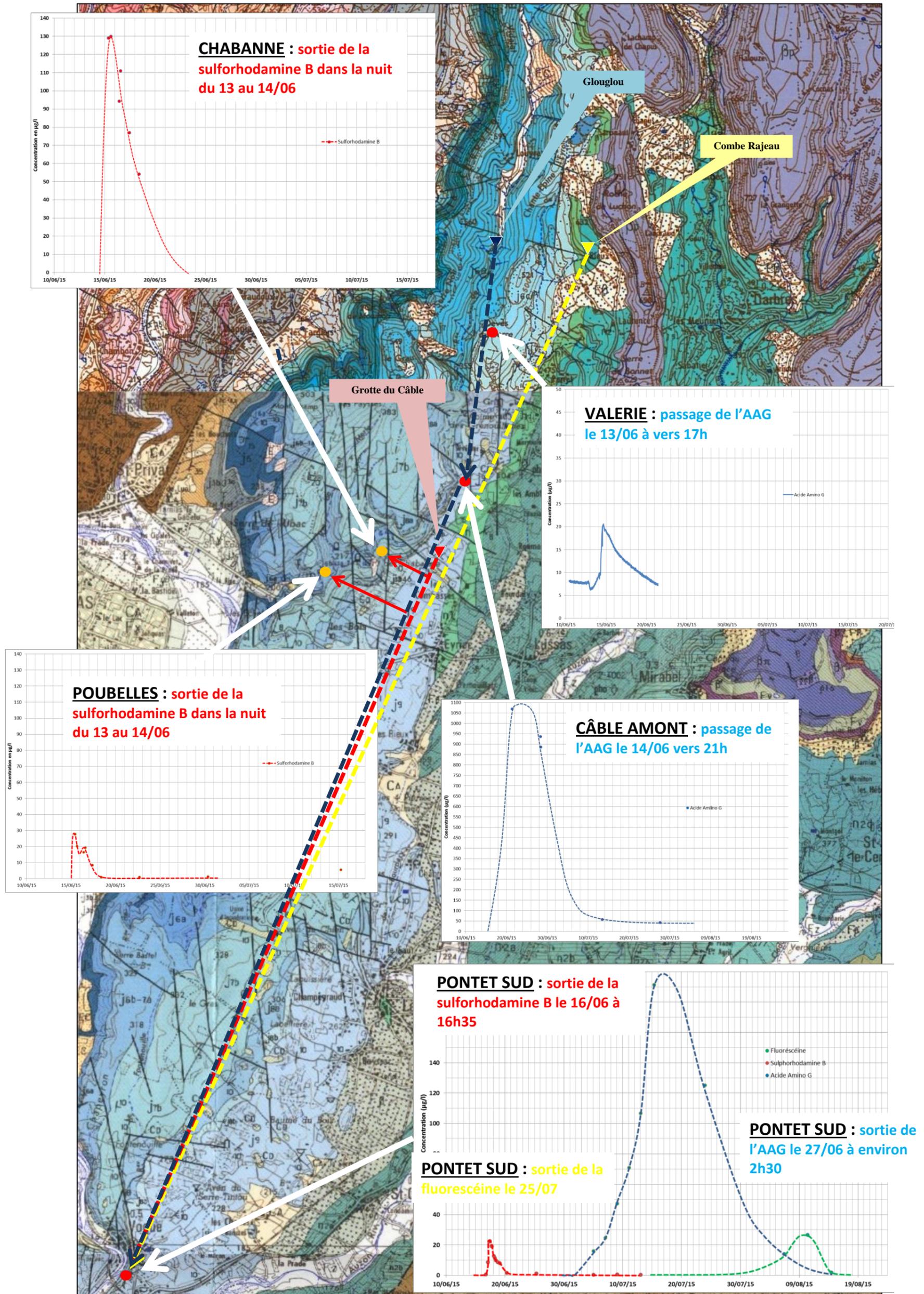


Figure 46 : carte de synthèse des courbes de restitution du traçage Nord-Vogüé

IV.5 CONCLUSIONS

Le multi-traçage mis en œuvre sur le système Nord Vogüé, corrélé avec la réinterprétation du traçage de 2003, apporte des réponses aux questions soulevées et permet d'atteindre certains objectifs :

- Sur la contribution de la vallée de la Louyre au système dans la zone amont :

La restitution complète de l'acide amino G à la grotte du Câble puis aux sources du Pontet indique clairement une participation majeure des pertes mesurées dans la vallée de la Louyre au système karstique Nord-Vogüé. Ce drain "Louyre" est composé :

- d'une zone de pertes en amont, significative à partir du secteur dit « du seuil piscine » et caractérisée par une vitesse d'écoulement minimum de 15,3 m/h. Cette vitesse est liée au temps parcouru par le traceur injecté dans la perte du glou-glou, perte alimentée par un débit voisin de 1 m³/h, jusqu'à l'écoulement principal du drain "Louyre". Le cheminement du traceur depuis la perte jusqu'à cet écoulement n'est pas connu mais il a sans aucun doute retardé le traceur dans sa progression jusqu'au drain « Louyre ».
- D'une zone avale où l'écoulement est plus rapide (30 m/h), dès l'instant où le traceur a rejoint l'écoulement principal du drain "Louyre". Cette zone s'étendrait du siphon amont de la grotte du Câble ou légèrement à l'amont de celui-ci, jusqu'à Vogüé.

Globalement, le cheminement de l'acide amino G a été relativement rapide, il est comparable au cheminement de la sulforhodamine B injectée en 2003 et 2015 à la grotte du câble sachant que pour la sulforhodamine B injectée en 2015, celle-ci a largement été chassée hors du système par un évènement pluvieux significatif..

L'acide amino G a été détectée au niveau de l'abîme Valérie mais de manière diffuse et avec des concentrations très faibles : ce point de suivi se situe donc probablement à l'écart de l'écoulement principal.

Le cheminement très rapide de la sulforhodamine B en direction de Vogüé en 2015 est sans aucun doute lié à l'effet de chasse du traceur par les pluies survenues entre le 12 et le 14 juin.

Le débordement important des trop-pleins à l'occasion de cet épisode "parasite" amène de grosses incertitudes sur le calcul des masses restituées de la sulforhodamine B ne nous permet pas d'aller beaucoup plus loin dans l'interprétation globale avec les résultats fournis par les différentes restitutions de ce traceur.

Une grande partie de la masse de sulforhodamine B n'a sans doute pas été comptabilisée tandis qu'une autre partie plus modeste est probablement restée encore piégée, notamment dans le siphon S1 de la grotte de Chabanne.

Ces résultats traduisent surtout une absence de stockage sur le sous-système ou drain "Louyre".

- Sur la relation drain "Louyre" et drain "Eyrolle" dans la zone amont :

L'essai de traçage n'a pas permis d'établir de relation directe et pérenne entre la vallée de la Louyre et celle de l'Eyrolle dans la zone amont parce que tout simplement ce lien n'existe probablement pas. La relation est néanmoins réelle à l'aval de la grotte du câble.

En effet :

Les exutoires présents en rive gauche de la basse vallée de la Louyre (baume de Chabanne et évent des Poubelles) représentent les trop-pleins directs de la partie amont du drain "Louyre". La sortie rapide et en grande quantité de la sulforhodamine B sur ces exutoires a clairement confirmé cette situation.

Les expériences de traçages antérieures montrent que ces sorties correspondent également au trop-plein des écoulements en provenance de la vallée de l'Eyrolle confirmant ainsi une liaison des écoulements souterrains des deux vallées.

L'absence de détection de la fluorescéine au droit de la grotte du Câble tend à montrer que cette liaison s'effectue plutôt à l'aval et probablement dans le secteur situé à l'extrémité du réseau de la grotte de Chabanne (siphon S2).

Le traçage mis en œuvre permet enfin de mieux caractériser l'occurrence des débordements sur les trop-pleins en fonction de l'intensité des précipitations.

- Sur l'organisation du réseau karstique entre l'amont et l'aval :

Les résultats obtenus avec la fluorescéine en 2003 et 2015 sont différents de ceux obtenus avec l'acide amino G en 2015 ou la sulforhodamine B en 2003 :

La fluorescéine met 2,5 fois plus de temps que l'acide amino G et presque 2 fois plus de temps que la fluorescéine injectée en 2003 pour arriver aux sources du Pontet.

La différence avec 2003 est sans doute liée à des conditions météorologiques distinctes puisque cette année-là, la fluorescéine a pu être entraînée de manière plus régulière à l'occasion des différents évènements pluvieux survenus entre le 07 et le 20 août (53,5 mm cumulés en trois fois).

En 2015, le seul évènement pluvieux d'importance (90 mm sur 2 jours cumulés) intervient 2,5 jours après l'injection et semble être "trop en avance" pour avoir un réel impact sur les vitesses d'écoulement au sein du drain "Eyrolle".

Ces résultats semblent donc indiquer l'existence de deux sous-systèmes différents :

En partie amont, les eaux infiltrées dans la vallée de la Louyre chemineraient de manière complètement distincte et peut être suivant un positionnement étagé par rapport aux infiltrations et écoulements en provenance de la vallée de l'Eyrolle. Ces deux sous-systèmes auraient des liaisons communes moins transmissives qui joueraient le rôle de trop-plein vers le drain "Louyre" puis vers les sorties présentes en basse vallée de la Louyre.

Suivant ce schéma (Figure 47), dans cette partie du système Nord Vogüé, le drain "Eyrolle" se situerait plus bas en altitude :

- Le système de drainage "Louyre", localisée plutôt en position supérieure, se placerait au sein des calcaires du Kimméridgien (supérieur à inférieur) et tithoniens, serait largement karstifiés, et plus ouvert vers la surface que le système de drainage "Eyrolle".
- Le système de drainage "Eyrolle", serait plutôt positionné dans les calcaires du Kimméridgien basal et de l'Oxfordien terminal.

Deux conduits karstiques superposés traverseraient donc ces deux formations en partie amont du système.

Dans la partie avale, les choses sont sans doute différentes : Les deux axes de drainage se retrouveraient progressivement suivant la même altitude, mais le système de drainage "Louyre", dont les sources du Pontet seraient l'exutoire principal, n'aurait pas de suite au-delà de Vogüé, ce qui ne serait peut-être pas le cas du drain "Eyrolle".

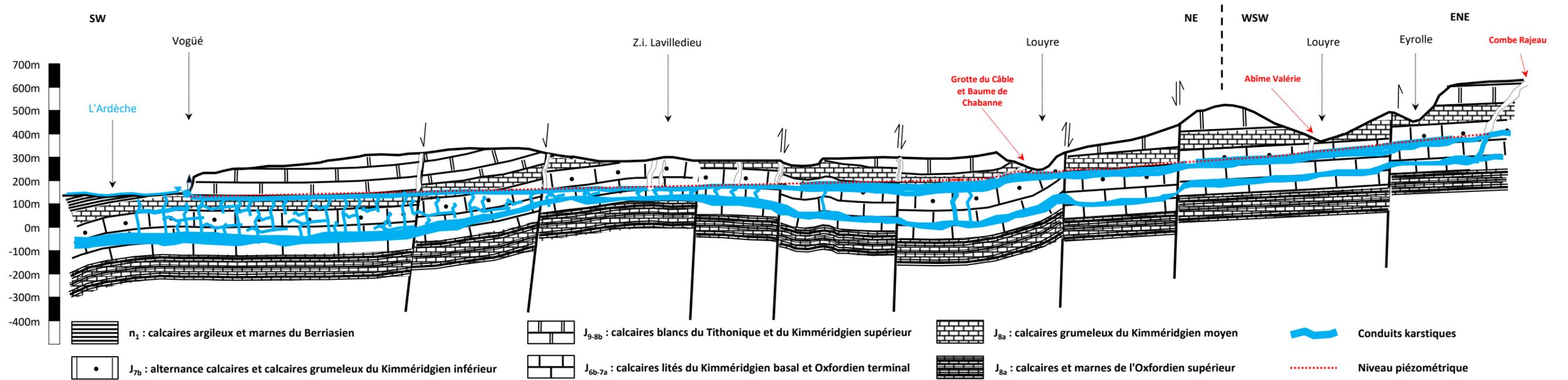
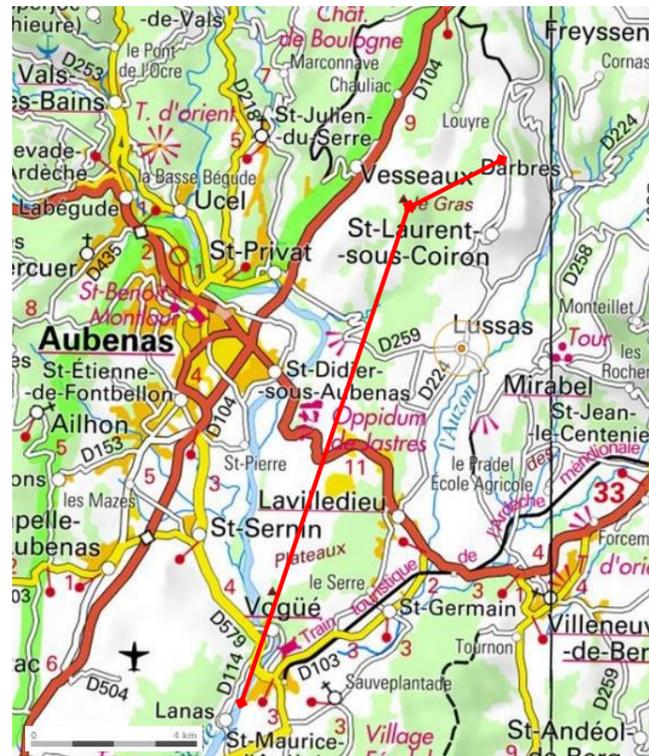


Figure 47 : coupe géologique interprétative de la zone noyée sur le système Nord-Vogüé

- Sur la présence de la zone noyée et sa délimitation :

Sur la Figure 47 présentée ci-avant, nous avons positionné très schématiquement le niveau piézométrique suivant les indications de l'altitude des plans d'eau fournies par le CDS07 au droit des différents points de suivi. Sur la Figure 48, nous avons schématisé les gradients d'écoulement entre ces principaux points de suivi.

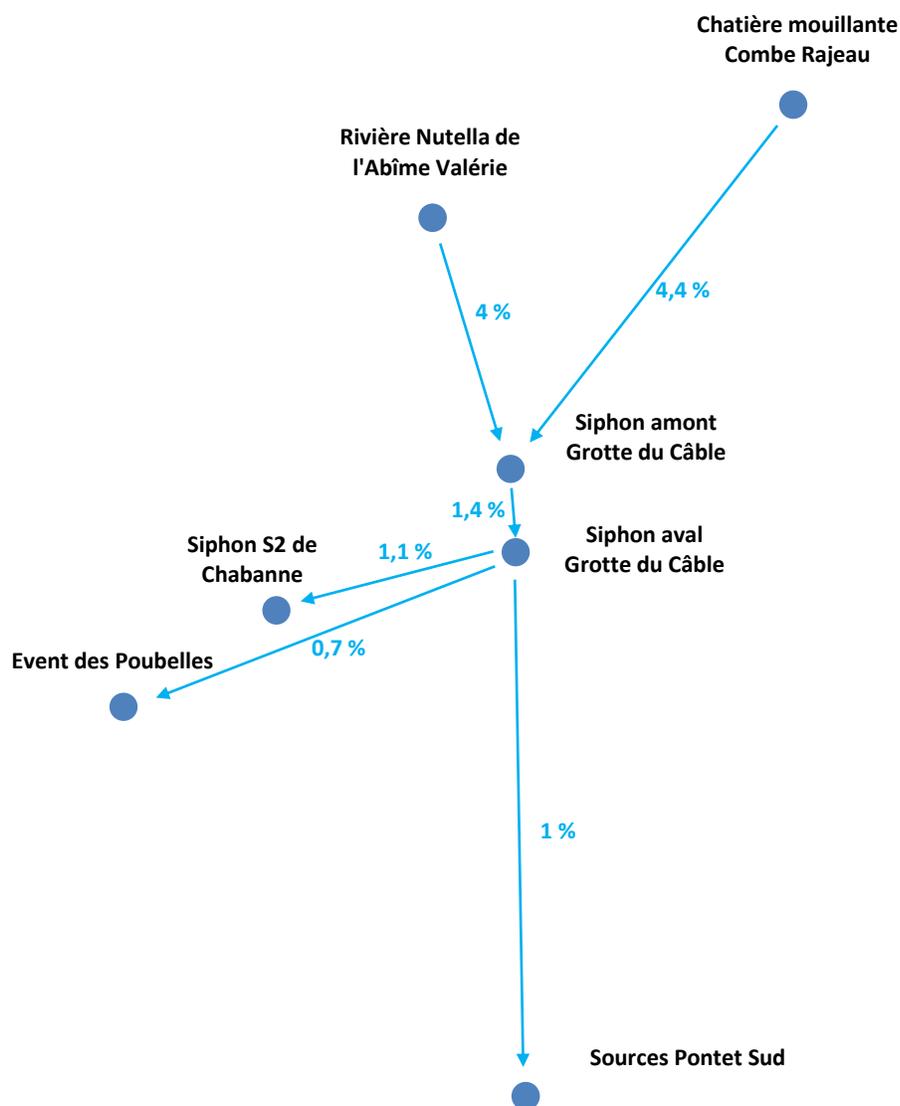


Figure 48 : schématisation des directions et gradients d'écoulement

On constate nettement la présence d'une rupture de pente dans le gradient d'écoulement située dans la zone amont de la grotte du Câble (secteur de la confluence Louyre – Eyrolle ou légèrement plus bas). Ce secteur, plus perméable, correspondrait au début de la zone noyée laquelle se prolonge ensuite en direction du sud vers Vogüé.

Dans le schéma proposé précédemment, et tenant compte de la restitution incomplète de la fluorescéine, les sources du Pontet semblent correspondre à un exutoire d'importance, mais à priori pas à l'unique sortie du système.

V TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR BASSE-VALLEE DE L'IBIE

V.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DE L'UNITÉ KARSTIQUE « VALLÉE DE L'IBIE »

L'unité aquifère karstique calcaire « Vallée de l'Ibie » est drainée sur toute sa longueur par l'Ibie (Figure 49). Cette rivière traverse ou longe le karst sur 11 km depuis le village des Sallèles. De nombreuses grottes fossiles débouchent sur la vallée à des altitudes relativement élevées. Ces cavités sont situées sur le flanc de l'axe drainant et sont reliées à des réseaux fossiles qui correspondent à un stade ancien de l'évolution karstique. La Figure 50 permet de localiser les phénomènes karstiques, les failles, les sources, les pertes de la vallée de l'Ibie cités ci-après ainsi que les captages utilisés pour l'alimentation en eau potable.

L'unité est entaillée par de nombreuses failles, fissures et diaclases.

Au Nord, se sont développées de profondes vallées karstiques suivant les failles Nord-Sud. Ces vallées sont souvent à sec et ne grossissent qu'à l'occasion de pluies importantes. L'eau météorique pénètre alors immédiatement et de manière diffuse dans le karst et ces ruisseaux superficiels ne servent que de trop-pleins temporaires.

Ce secteur accueille deux émergences captées pour l'AEP : la source du Moulin à Rochecolombe (débit d'étiage de 2 à 3 l/s et débit supérieur à 1 m³/s par grosses pluies), et la source de Font Garou sur la commune de Lagorce (10 L/s à l'étiage et débit supérieur à 100 L/s en crue).

La source du Moulin sort pratiquement au contact de la faille de Lagorce-Rochecolombe et doit probablement drainer toute la terminaison Nord du karst au-delà de Rochecolombe car elle est l'exurgence la plus septentrionale de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie ».

La source de Font Garou (Figure 50) sort au contact entre l'Urgonien et le Barrémien qui semble avoir stoppé l'évolution du réseau karstique en profondeur.

Ce secteur accueille également une résurgence non captée, la source du Torrent (Figure 50), située au bord de l'Ibie et qui présente un débit d'étiage de l'ordre de 2 L/s et des débits de crue de l'ordre de 500 L/s. Cette source pourrait finalement correspondre à l'exutoire des pertes du ruisseau du Salastre, et a sans aucun doute un lien avec le forage d'Orbeire second captage AEP de la commune de Lagorce situé à l'Ouest de la source de Font Garou, puisque depuis la mise en exploitation de celui-ci, le débit de la source est semble-t-il influencé.

Le forage d'Orbeire est installé au bord du Salastre, il capte une grosse fracture dans les calcaires urgoniens entre 97 et 99 m de profondeur rencontrés à partir de 30m de profondeur sous des conglomérats gréseux du Cénomaniens.

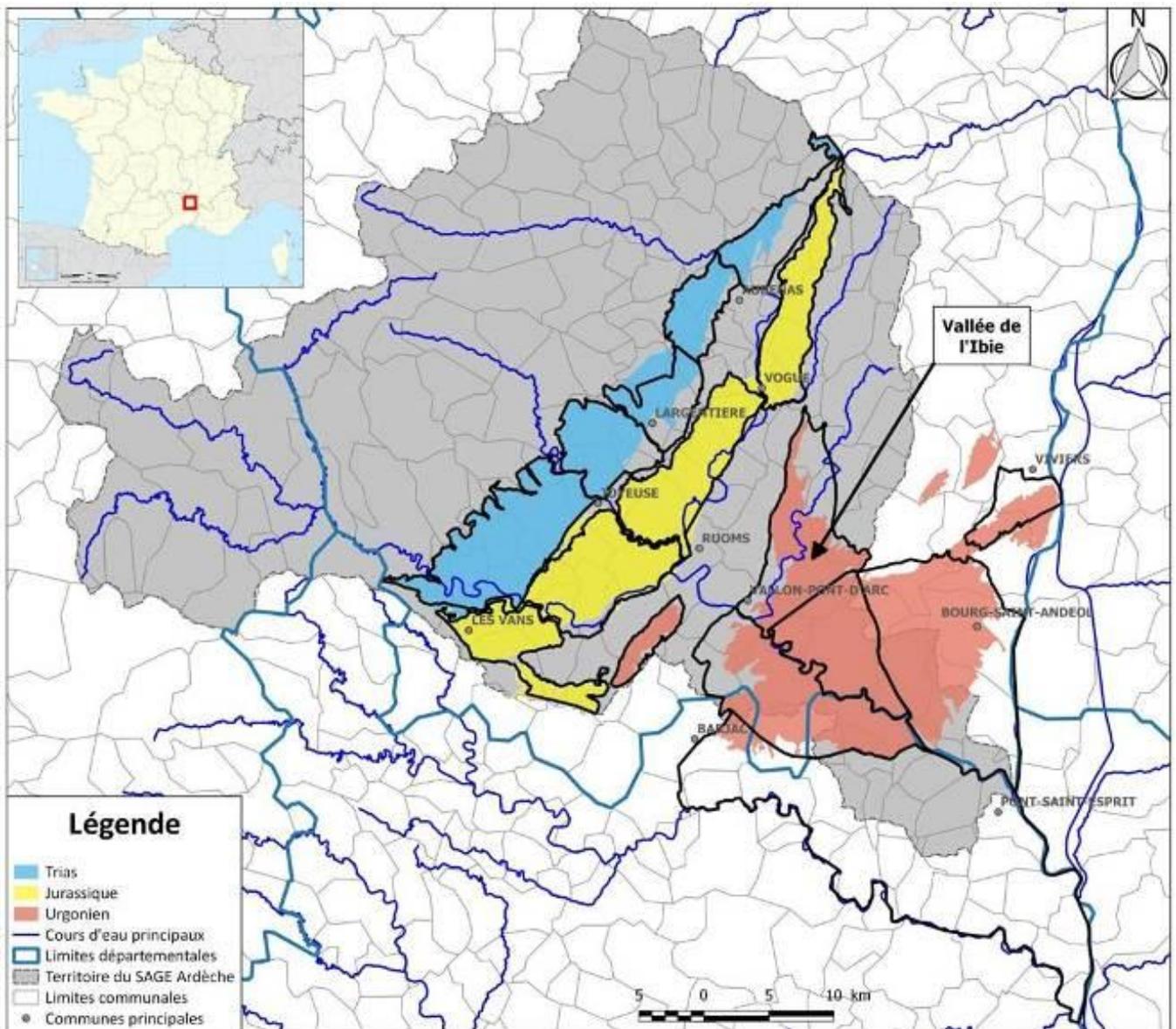


Figure 49 : Localisation géographique de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie »

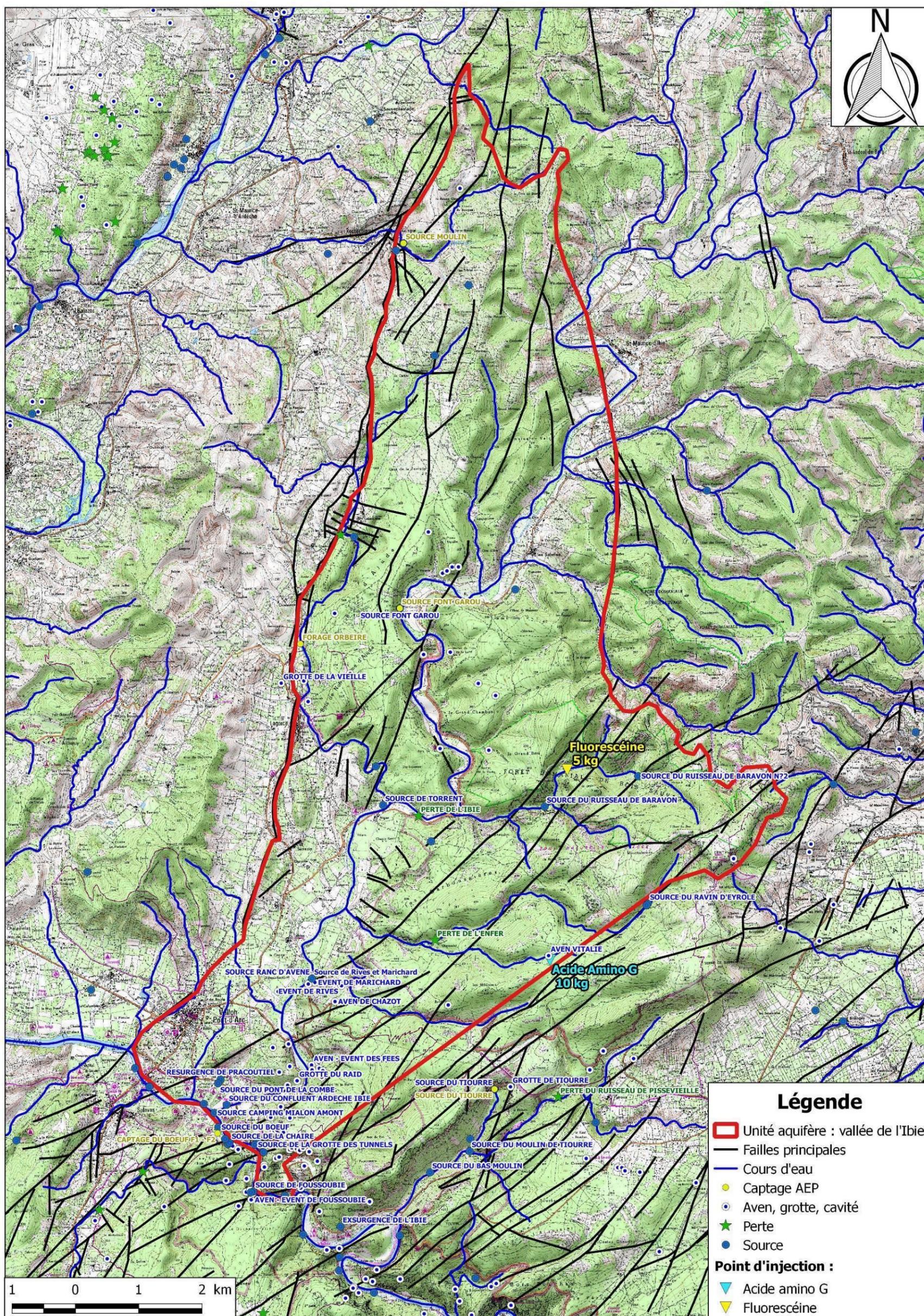


Figure 50 : Carte de localisation sur fond IGN 1/25000^{ème} des captages AEP, sources, pertes, avens, grottes et failles de l'unité aquifère Vallée de l'Ibie

Dans sa partie méridionale, la fracturation principale orientée Nord 45° draine les écoulements vers la vallée de l'Ibie et les accidents Nord 60-70° semblent également jouer un rôle prépondérant dans la localisation des émergences.

Quelques résurgences karstiques importantes y sont présentes, mais elles sont très majoritairement temporaires (Event de Rives, Events de Marichard, Event des Fées).

Le niveau de base principal semble correspondre à l'Ardèche au Sud. L'Ibie s'infiltré en effet au niveau de plusieurs zones de pertes situées le long de son parcours. En période d'étiage, le cours disparaît complètement, d'une part, entre l'aval de la source de Font-Garou (500m de distance à l'aval du pont situé sous "Champ Serrier" au niveau d'un accident Nord 10-20°) et d'autre part au niveau du lieu-dit "Treinière" avant la confluence de l'Ibie avec le Salastre qui la remet en eau momentanément sur quelques centaines de mètres.

A l'extrémité Sud de l'unité karstique, l'Ardèche est jalonnée en rive gauche de plusieurs zones d'émergences plus ou moins diffuses, sous-alluviales ou qui arrivent directement dans les calcaires qui forment le lit de la rivière (Figure 50) : source de la confluence Ibie/Ardèche (correspond à au moins 3 émergences situées en rive droite de l'Ibie, 30 m avant la confluence), plusieurs émergences diffuses du Pont de la Combe (rive droite de l'Ibie), source du carrefour et Pracoutel (écoulements temporaires en fossé), source camping de l'île (sortie diffuses sous alluviales de plus faible débit).

L'Ardèche est également jalonnée en rive droite par les sources du Bœuf ainsi que les deux forages du même nom.

Au Sud-Est et en limite de l'unité karstique « vallée de l'Ibie », une autre émergence pérenne est captée pour l'AEP : la source du Tiourre (Figure 50) (2 l/sec à l'étiage et débit supérieur à 100 l/sec en crue) qui alimente en eau potable la commune de Vallon-Pont-d'Arc au débit constant de 19 m³/h car régulé en aval par une vanne. Cette source vaclusienne originale est située au fond d'une reculée de 2,5 km et à 200 m au-dessus de l'Ardèche. Son altitude élevée est expliquée par la karstification qui n'a pas pu s'enfoncer davantage car elle a atteint les marno-calcaires hauteriviens imperméables. Il est impossible pour le moment de savoir si cette source doit être rattachée à l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » ou à sa voisine « Gorges de l'Ardèche – rive gauche » car il est nécessaire de préciser son bassin d'alimentation qui pourrait s'étendre sur une large superficie du plateau calcaire jusqu'au Sud de la dent de Rez.

Dans la zone d'affleurements des calcaires située à l'Est de la vallée de l'Ibie (versant occidental de la dent de Rez), les écoulements de surface sont inexistantes, les quelques vallées sèches qui sillonnent cette retombée anticlinale à fort pendage (30°) donnent lieu à des écoulements temporaires principalement en période de fortes précipitations. On peut citer la source du Baravon et la source de l'Eyrole qui emprunte le ravin de l'Enfer dont les eaux se perdent rapidement après l'émergence (écoulements en moyennes et hautes eaux uniquement d'après le CDS07, mais débit d'étiage estimé respectivement à 0,1 et 1,5 l/sec par Mazellier dans les années 1970).

Les possibilités d'infiltration sont donc multiples sur l'ensemble des affleurements calcaires, avec un impluvium marneux important à l'amont qui confère le type binaire à cet aquifère karstique.

En ce qui concerne le potentiel aquifère de cette unité, l'existence d'un karst noyé est d'abord suspecté grâce aux travaux de construction d'un pont sur l'Ibie en août 1970, au lieu-dit « Chambon », à l'aval de la source de Font-Garou, sur la même fracture^o qui recoupe pratiquement par deux fois le lit de l'Ibie et où se perdent, plus en aval, les eaux de trop-plein de la source. Une galerie donnant lieu à un écoulement d'eau sous pression a alors été recoupée (Mazellier – 1971).

Une autre perte de l'ibie est signalée au lieu-dit « Treinière », un peu en aval de la confluence Ibie – Salastre, mais ne correspond à aucun accident signalé sur la carte géologique. Il pourrait donc tout simplement s'agir d'une perte au sein du matériel alluvial très épais dans cette zone.

La poursuite de ce karst plus au Sud est une hypothèse forte puisque que certains réseaux situés en rive droite de l'Ardèche face à la vallée de l'Ibie descendent sous le niveau de l'Ardèche (grotte de la Chaire, Goule de Foussoubie). Certaines sorties d'eau sont aussi présentes sous l'Ardèche au niveau de la confluence Ibie – Ardèche et des iodures injectés en rive gauche ont été détectés sur le captage du Bœuf situé en rive droite à l'occasion des essais de traçage réalisés par BURGEAP en 1991. Mentionnons néanmoins que pour cet essai, la teneur en iode relevée sur le captage du Bœuf est proche du seuil de détection ce qui ne permet pas d'affirmer complètement la relation entre les deux rives.

Notons également qu'à l'occasion d'un suivi de conductivité pendant deux essais de pompage mis en œuvre par le bureau d'études Eau et géo-environnement sur les deux forages du Bœuf en 2004 (Hautes et basses eaux) situés à quelques mètres de la rivière Ardèche, aucune sollicitation des eaux de l'Ardèche (moins minéralisées) n'a été mise en évidence, et ceci sur la durée du pompage au débit d'exploitation total de 190 m³/h et sur une durée totale de 48 heures.

Ensuite, une corrélation entre les variations des niveaux d'eau mesurés par le CDS07 à l'évent de Marichard, à l'évent de Rives et à la grotte du Raid d'octobre 2013 à mai 2014 (Figure 51), indique une réaction superposable entre ces trois points d'eau.

Une schématisation (Figure 52) - sans notion de distance - entre le profil topographique du lit de l'Ibie et les différents niveaux relevés en hautes et basses eaux par le CDS07 à l'occasion de différentes sorties spéléologiques, à la grotte de la vieille, l'évent de Marichard, l'évent de Rives, la grotte du Raid et l'évent des Fées, permet de constater que le niveau de basses eaux se situe à une profondeur relativement constante comprise entre 5 à 10 m sous le niveau de l'Ibie, confirmant la présence probable d'une zone noyée sur ces secteurs.

Enfin, Thierry MARCHAND indique l'existence d'un important collecteur exploré sur plus de 300 m à la grotte du Raid, lequel se présente sous la forme d'un canyon à base noyée dont le sens d'écoulement a été déterminé par le déplacement de matériel en crue. Ce collecteur est en revanche difficile voire impossible d'accès en période de hautes eaux, car il suppose le passage d'une étroiture qui ne se trouve désamorcée qu'en basses eaux.

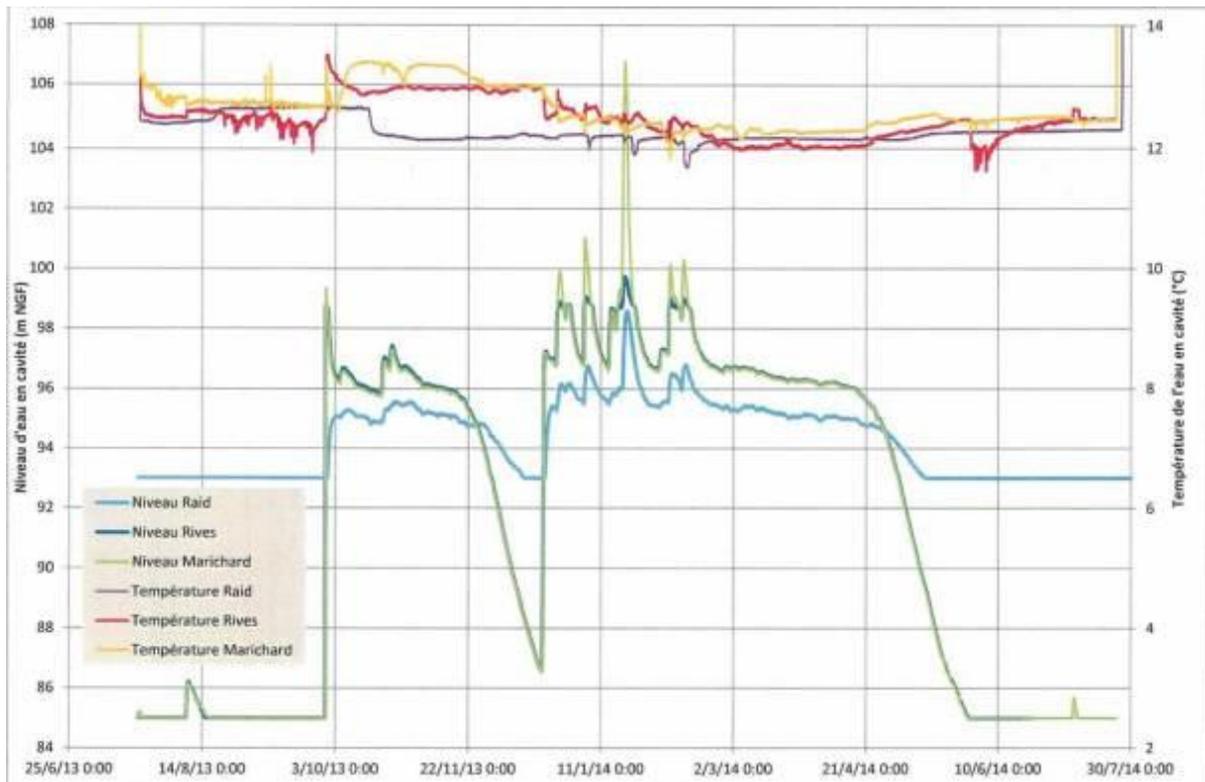


Figure 51 : Evolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau enregistrés par le CDS07 à Rives, Marichard et Raid entre octobre 2013 et mai 2014

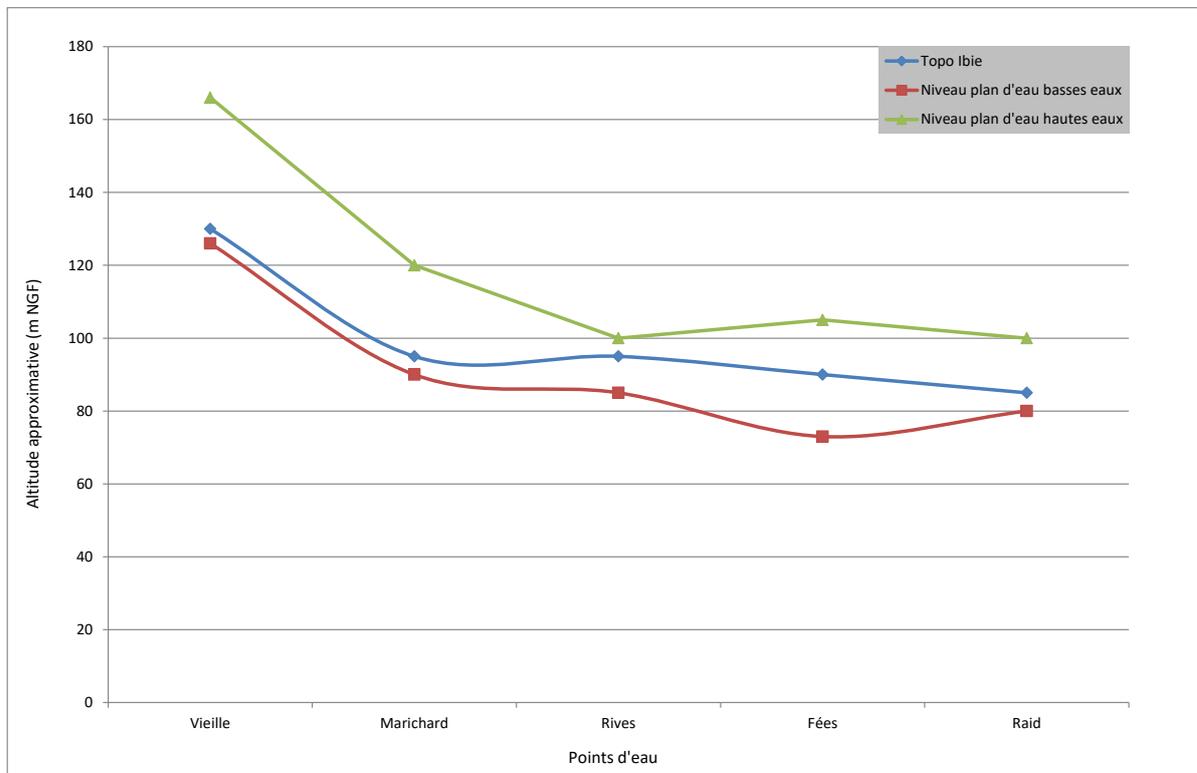


Figure 52 : Schématisation du profil topographique du lit de l'Ibie et des niveaux de plus basses et plus hautes eaux relevés par le CDS07 à l'occasion des différentes investigations spéléologiques

Pour résumer, les études réalisées sur cette unité karstique sont finalement peu nombreuses et essentiellement limitées au proche secteur de Vallon-Pont-d'Arc. Les expériences de traçage sont également limitées en nombre et en distance et concentrées sur l'extrémité sud de l'unité.

Les 3 principaux exutoires (Moulin, Font-Garou et Tiourre) connus ne correspondent qu'à des sous-unités de ce karst complexe de grande taille.

Ni les sources, ni les cours d'eau principaux (Ibie, Ardèche) n'ont fait l'objet de jaugeages rigoureux, dans des conditions hydrologiques clairement définies.

L'existence de la zone noyée ne semble faire aucun doute mais sa délimitation, sa structure et le potentiel exploitable sont inconnus et sont difficile à préciser en l'absence d'un exutoire principal identifié. Le système semble plutôt être drainé par de multiples exutoires plus ou moins permanents en fonction de leurs côtes respectives.

V.2 APPORT DES TRAÇAGES PASSÉS

Une première expérience de traçage a été mise en œuvre en mai 1983 sur le secteur de la source de Tiourre (Figure 53). Belleville injecte 220g de fluorescéine à l'amont de la perte du ruisseau de Pissevieille qui draine la partie méridionale de la dépression de Saint-Remèze. La source de Tiourre est très rapidement positive au traceur avec une vitesse d'arrivée supérieure à 100 m/h. La source de la Minoterie, située au milieu de la reculée de Tiourre, est également positive, mais la décroissance simultanée par rapport à la source de Tiourre semble indiquer une alimentation indirecte par les pertes du ruisseau de Tiourre. La source du Bas-Moulin située dans le tiers aval de la reculée montre également une vitesse de transfert proche de 100 m/h. En revanche la petite source de l'Aiguille situé au débouché du vallon de l'Ardèche est négative.

Ce traçage met donc en relation les pertes du ruisseau de Pissevieille avec la source de Tiourre sur un secteur très localisé mais qui a incité l'hydrogéologue agréé Mme DEBARD d'intégrer le bassin versant du ruisseau de Pissevieille dans le bassin d'alimentation du captage en 1991.

En février 1991 un multi-traçage a été mis en œuvre par BURGEAP dans l'extrême Sud de la vallée de l'Ibie dans le cadre des études préliminaires pour la mise en place de la station d'épuration de Vallon-Pont-d'Arc (Figure 53) :

- 10kg de fluorescéine sont injectées dans le forage F2 créé spécialement pour l'étude (calcaires urgoniens peu fracturés (1 m³/h injectable) jusqu'à 41m de profondeur sous 4m de recouvrement alluvial.
- 50kg d'iodure de sodium (42kgs d'iode) sont injectées dans l'aven du Pont (le traceur a dû être poussé par de l'eau à cause de la faible capacité d'absorption de la fissure rencontrée sur ce point d'eau).

Les traceurs sont suivis :

- Sur l'un des deux forages de la Ratière (Cénomaniens) réalisés en vue de renforcer l'AEP de Vallon mais non utilisés en raison d'un débit trop faible : l'iode y est détectée nettement 24 heures après l'injection mais pas la fluorescéine ;
- Sur le forage de la Combe Saint-Pierre (forage de M. DIVOL), forage privé atteignant le karst, l'iode y est également détectée nettement en 24 heures de manière moins régulière mais pas la fluorescéine ;
- Sur 2 résurgences karstiques situées en rive droite de l'Ibie à l'aval immédiat du Pont de la Combe, l'autre dans le lit de l'Ibie à l'amont immédiat de la confluence avec l'Ardèche ; cette dernière ne serait pas une résurgence karstique, mais une sortie du remplissage alluvial. La première est atteinte nettement par l'iode en 24 heures et la fluorescéine y apparaît au bout de 18 jours tout aussi nettement après 60mm de pluie survenue début mars. La seconde n'est pas tracée par l'iode mais la fluorescéine y apparaît de manière nette au bout de 30 jours.
- Sur la source du carrefour de la déviation au contact alluvions-karst ; l'iode y apparaît deux fois de manière faible à 14 jours et 31 jours et la fluorescéine n'est pas détectée ;

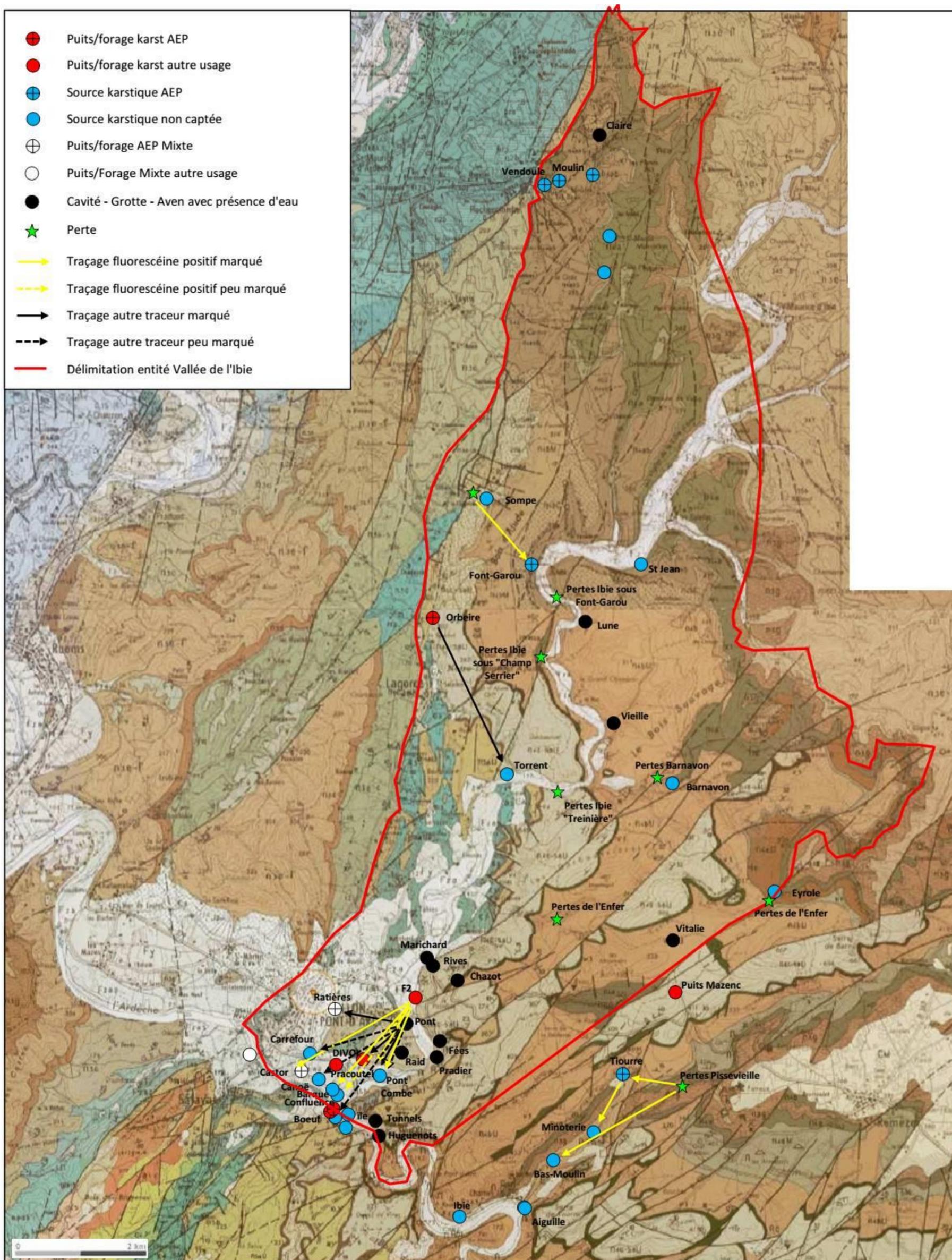
- Sur les écoulements de surface de l'Ibie en amont du Pont de la Combe ; l'iode y est détectée en faible quantité au bout de 3 jours puis une nouvelle fois au bout de 43 jours. La fluorescéine y apparaît au bout de 25 jours de façon nette, soit 7 jours après la détection sur la résurgence du Pont de la Combe située un peu plus à l'aval ;
- Sur trois sources situées en rive gauche sur la bordure du lit de l'Ardèche : source du castor canoë, source de la barque et source du camping de l'île : 2 contrôles positifs d'iodures sont enregistrés faiblement à 8 et 52 jours à la source du canoë, la fluorescéine est détectée en quantité faible à la source de la Barque au bout de 40 jours, et rien n'est décelé sur la source du camping de l'île ;
- Sur le puits des castors (AEP Vallon) en rive gauche de l'Ardèche, aucun des deux traceurs n'est retrouvé ;
- Sur le captage de la source du Bœuf, en rive droite de l'Ardèche, 2 contrôles positifs sont enregistrés en iodure (8 et 52 jours) mais avec des concentrations voisines du seuil de détection.

Ce qu'il faut également retenir de ce traçage c'est qu'au moment de l'injection, le cours de l'Ibie était sec au droit du site, mais actif 500m en amont (50 l/s) et redevenait actif en amont du Pont de la Combe (10l/s) ;

Le niveau d'eau dans le forage d'injection se trouvait à 4,7 m du sol, soit 70 cm sous le contact alluvions calcaire. En revanche, sous le lit à sec de l'Ibie, les alluvions étaient quasiment entièrement saturées. Les différentes restitutions obtenues pour la fluorescéine tendraient donc à faire l'hypothèse d'une coloration forcée du karst » mais surtout d'une coloration du remplissage alluvial de l'Ibie.

En août 2002, le bureau d'études GEOPLUS établit une relation par coloration entre le Goul de la Sompe et la source de Font-Garou (arrivée du traceur en faible quantité 22h30 après l'injection).

Enfin, il est à signaler que depuis la mise en service du forage Orbeire, la source du Torrent a vu son débit réduire considérablement, indiquant une relation entre ces deux points.



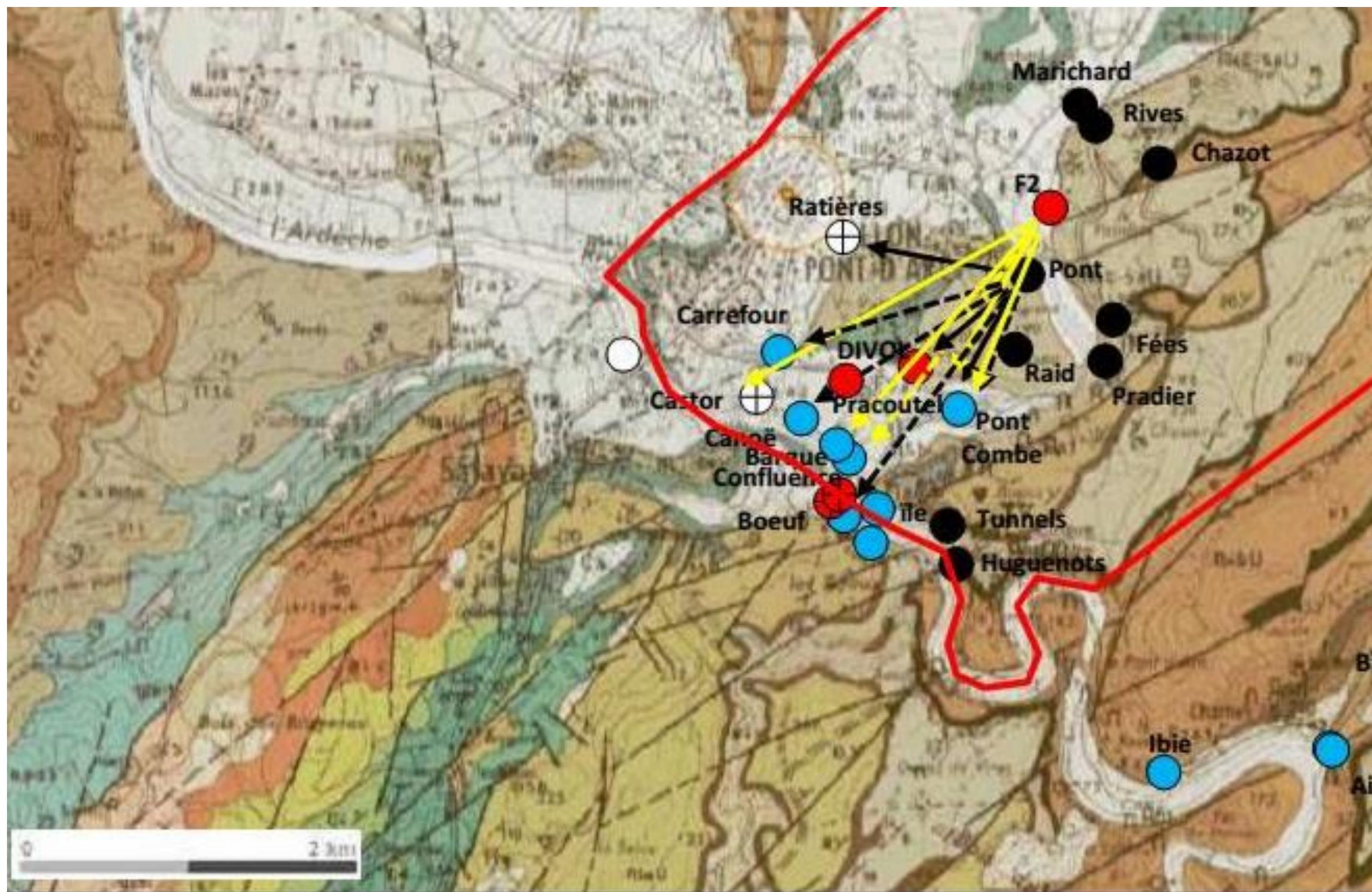


Figure 53 : Récapitulatif des tracages positifs réalisés entre 1983 et 2002 sur l'entité "Vallée de l'Ibie et zoom sur le secteur des campings"

V.3 OBJECTIF DU TRAÇAGE « VALLÉE DE L'IBIE » MARS – AVRIL 2016

L'expérience de traçage proposée a été réalisée au cours des mois de mars et avril 2016, en collaboration entre les Bureaux d'études Idées Eaux, Gilles Rabin et le Comité Départemental de Spéléologie de l'Ardèche (CDS 07).

Cette expérience vise à améliorer notre connaissance du système karstique « Vallée de l'Ibie », en tentant de délimiter plus précisément le système et vérifier la présence d'une zone noyée.

Les deux sites d'injection ainsi que les différents points de contrôle sont géo-référencés sur la Figure 54.

Objectif de l'essai multi-traçage :

Un premier traçage avec injection d'Acide Amino G, à l'aven Vitalie, proche de la source de Tiourre (environ 2,2 km) avait pour objectif de préciser la limite Sud-Est de l'unité « Vallée de l'Ibie » et de définir l'unité d'appartenance du secteur du Tiourre.

Un deuxième traceur, la fluorescéine, a été injecté dans les pertes du Baravon. Celles-ci se situent dans une zone recoupée par une faille majeure Nord 45° qui aboutit au Sud-Ouest au droit des événements de Rives et de Marichard.

L'objectif était également de préciser les relations entre le plateau des Gras (plateau calcaire situé à l'Ouest de la dent de Rez) et :

- les résurgences ou plans d'eau présents dans la vallée de l'Ibie au pied du plateau (Événements de Rives, Marichard, Fées et grotte du Raid),
- les résurgences situées à l'entrée des gorges de l'Ardèche, avant la confluence (source du carrefour, fossé Pracoutel, source de la confluence, source du Pont de la Combe, source du camping de l'île, grotte des tunnels...),
- le captage du Boeuf (2 forages) utilisé pour l'AEP de Salavas et localisé en rive droite de l'Ardèche.

Les conditions et résultats du multi-traçage sont détaillés ci-après.

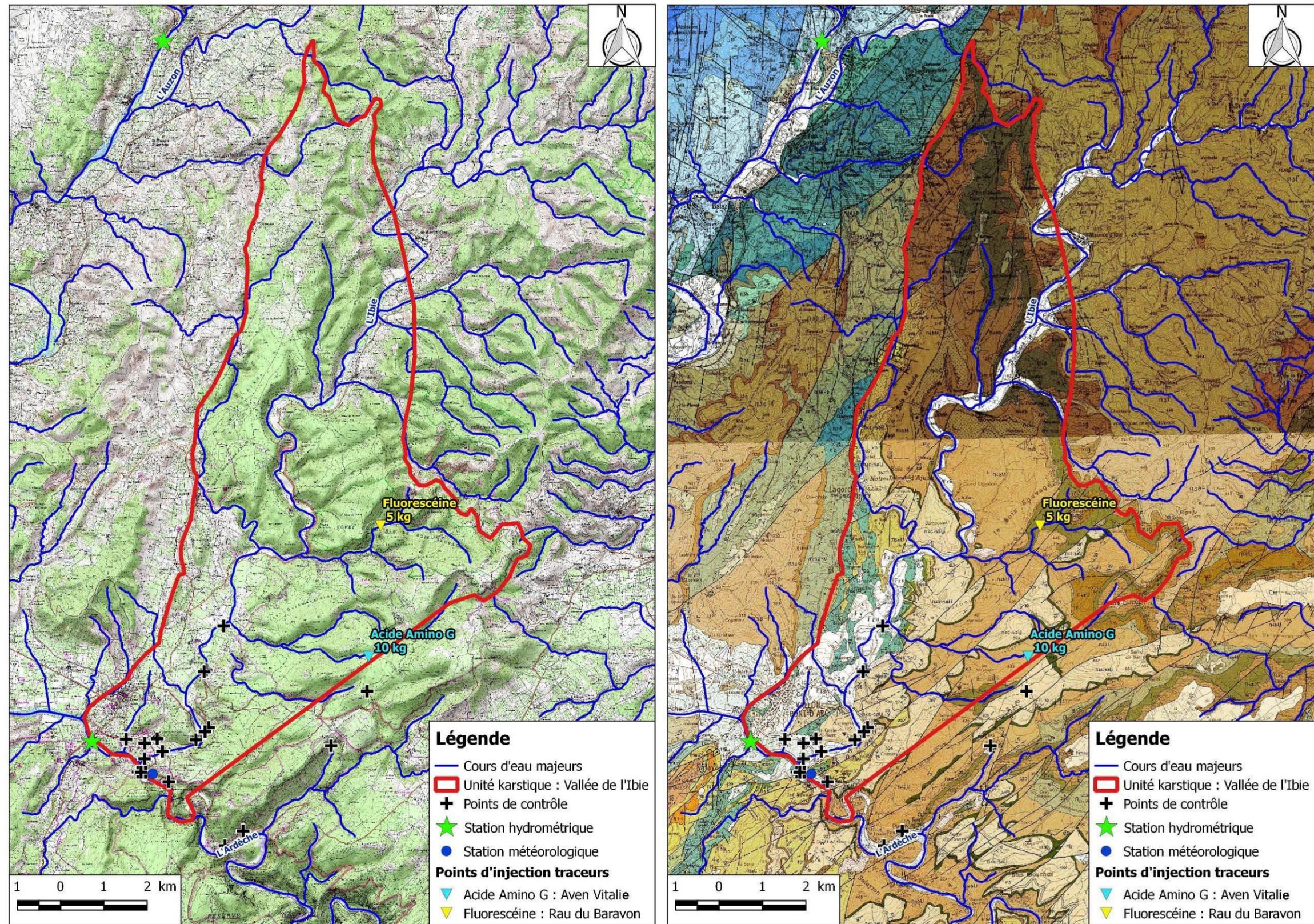


Figure 54 : Vue à l'échelle de l'unité karstique des points d'injection et de contrôle sur fond de carte IGN (1/25000^{ème}) et géologique (1/50000^{ème})

V.4 CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

V.4.1 RELEVES METEOROLOGIQUES (PRECIPITATIONS, TEMPERATURES, ETP)

Les conditions météorologiques durant lesquelles le traçage s'est déroulé sont définies par la station météorologique Météo-France VALLON SA, installée sur la commune de Vallon-Pont-d'Arc (cf. plan de localisation en Figure 54), dont les caractéristiques sont :

Code station : 7330004 ;

Nom : VALLON SA ;

Altitude : 120 mètres ;

Coordonnées : latitude 44°23'30"N - longitude 4°24'12"E ;

Coordonnées : lambert X = 7648 hm - Y = 19345 hm ;

Producteurs2016 : Association ou Commission météorologique départementale.

Les données des précipitations, température et ETP enregistrées au cours du mois de mars sont illustrées sur les Figure 55 et Figure 56.

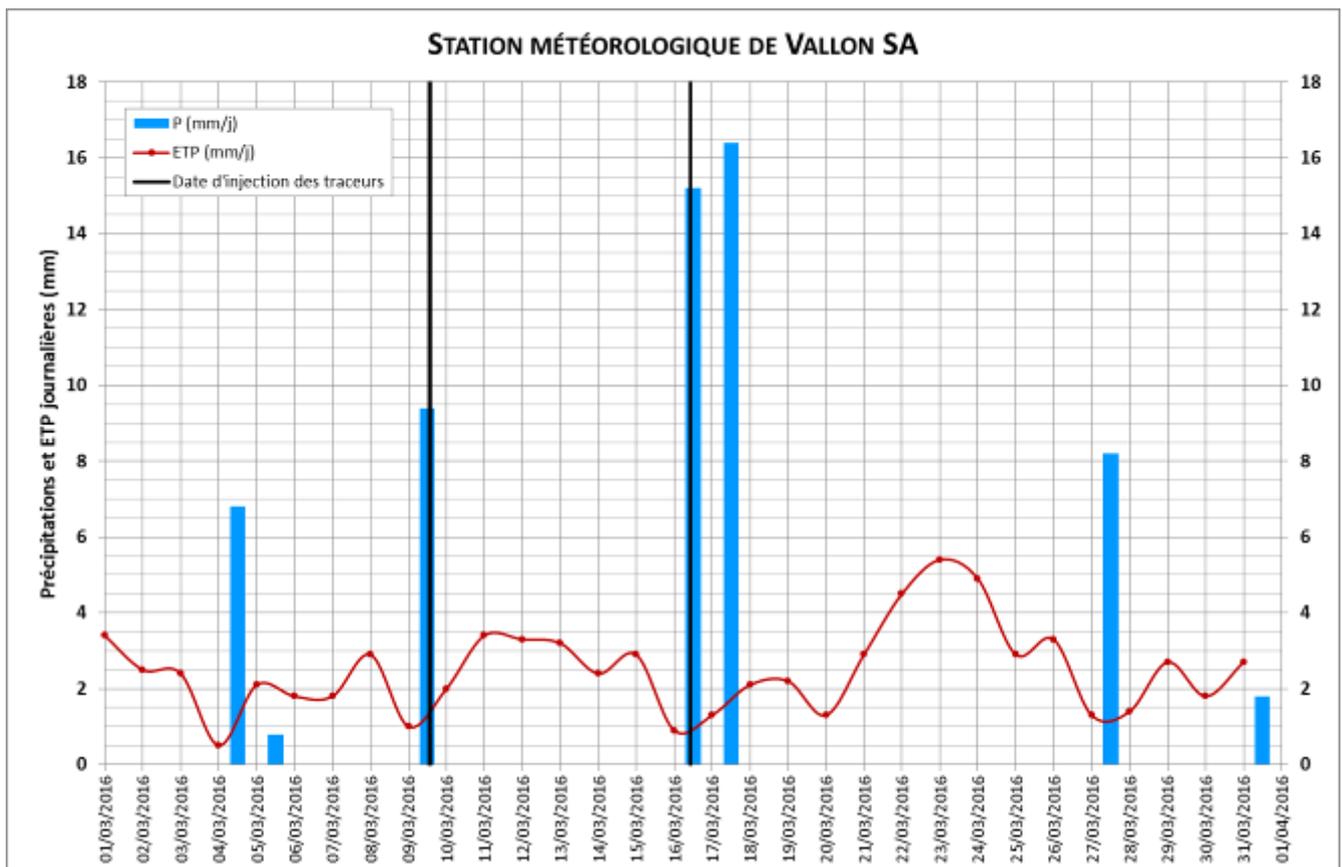


Figure 55 : Précipitations et ETP journalières à la station météorologique de Vallon-Pont-d'Arc pour le mois de mars 2016

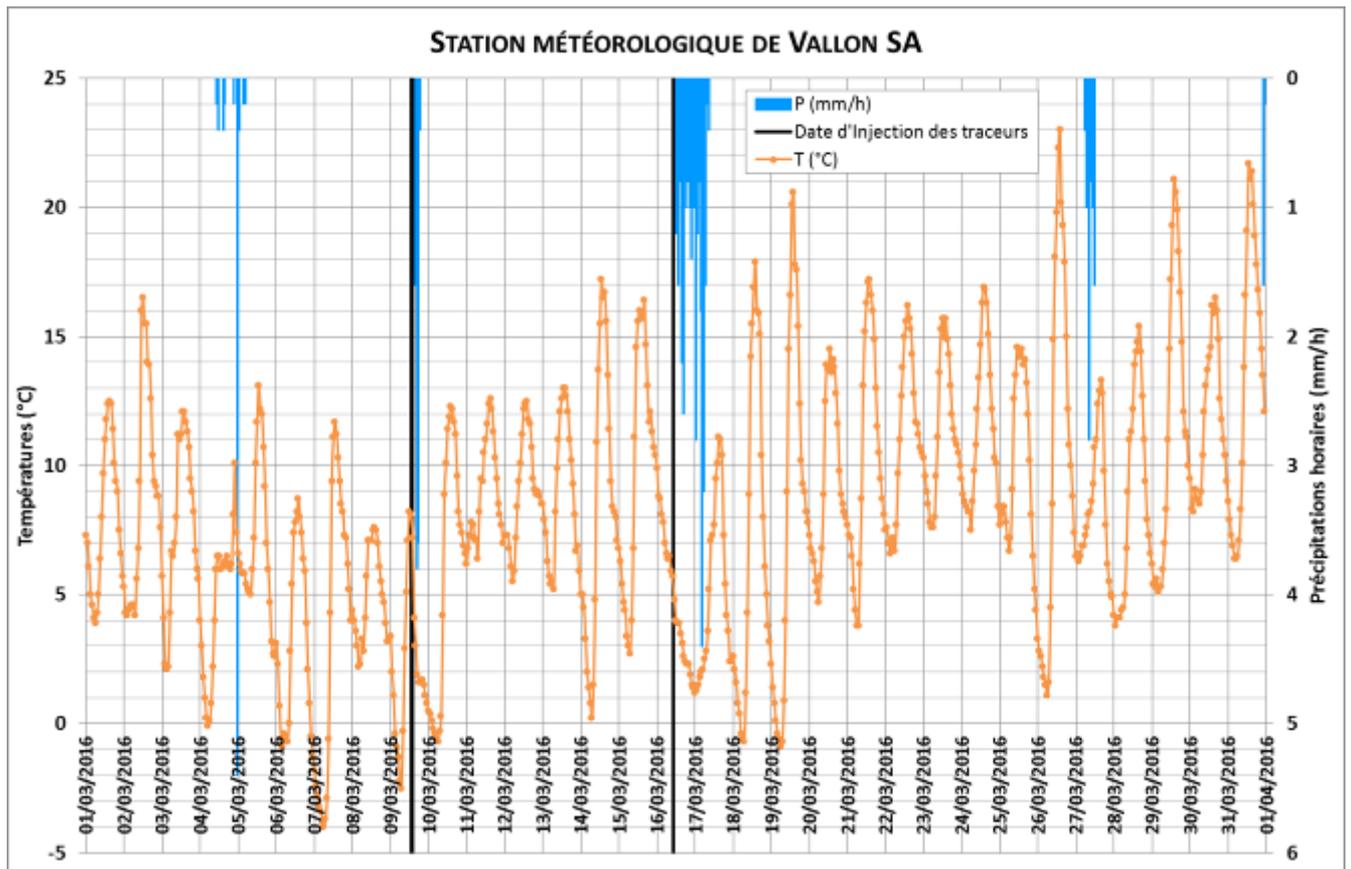


Figure 56 : Précipitations et température horaires enregistrés à la station météorologique de Vallon-Pont-d'Arc

Commentaires :

Durant le mois de mars 2016, il est tombé 58,6 mm de précipitations sur la commune de Vallon-Pont-d'Arc. Cinq épisodes pluvieux ont été enregistrés, dont un survenu durant l'injection d'Acide Amino G à l'Aven Vitalie, le 9 mars 2016 où 9,4 mm de pluies sont tombés en 4h. Cet épisode a été favorable à l'injection du traceur.

Une période de sécheresse s'installe ensuite durant 7 jours, avant un épisode pluvieux important entre le 16/03 11:00 et le 17/03 8:00 (31,6 mm), juste après l'injection de fluorescéine au ruisseau du Baravon. A cette date, le pic d'acide amino G a déjà été enregistré à l'Event de Rives actif pendant l'essai, et le traceur commence à arriver aux sources de Carrefour et Pracoutel. La fluorescéine sort 2 jours plus tard à l'Event de Rives. Il est fort probable que la pluie ait accéléré le passage de la fluorescéine, mais elle a aussi favorisé la perte d'une partie du traceur vers le ruisseau du Baravon, affluent de rive gauche de l'Ibie.

La température moyenne enregistrée sur le mois de mars est de 8,21 °C. L'évapotranspiration potentielle (ETP) a été de 77,2 mm. Cette valeur est supérieure à la quantité d'eau précipitée.

Les conditions météorologiques de ce traçage ont donc été favorables pour l'injection d'acide amino G puisque les faibles précipitations du 9 mars ont pu faciliter la circulation du traceur vers le réseau karstique au moment de l'injection. Après une période de sécheresse, l'acide amino G a été détecté à

l'Event de Rives. Les vitesses de circulation enregistrées semblent donc bien représentatives. En revanche il est possible que les fortes pluies du 16 et 17 mars aient accélérées le passage de la fluorescéine dans la fracture qui recoupe le ruisseau du Baravon et aboutit à l'Event de Rives.

V.4.2 HYDROLOGIE

V.4.2.1 Débits de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc

Les données de niveaux d'eau de l'Ardèche sont issues des relevés à la station hydrométrique V5054010 (cf. plan de localisation en Figure 54) décrite ci-dessous :

Département : Ardèche (07)
Commune : Vallon-Pont-d'Arc
Cours d'eau : L'Ardèche
Mise en service : 1979
Type : station à une échelle
Statut : station avec signification hydrologique
Régime influencé : pas ou faiblement
Altitude : 78 m
Bassin-versant topographique : 1958 km²

La Figure 57 retrace l'évolution des débits enregistrés à la station hydrométrique.

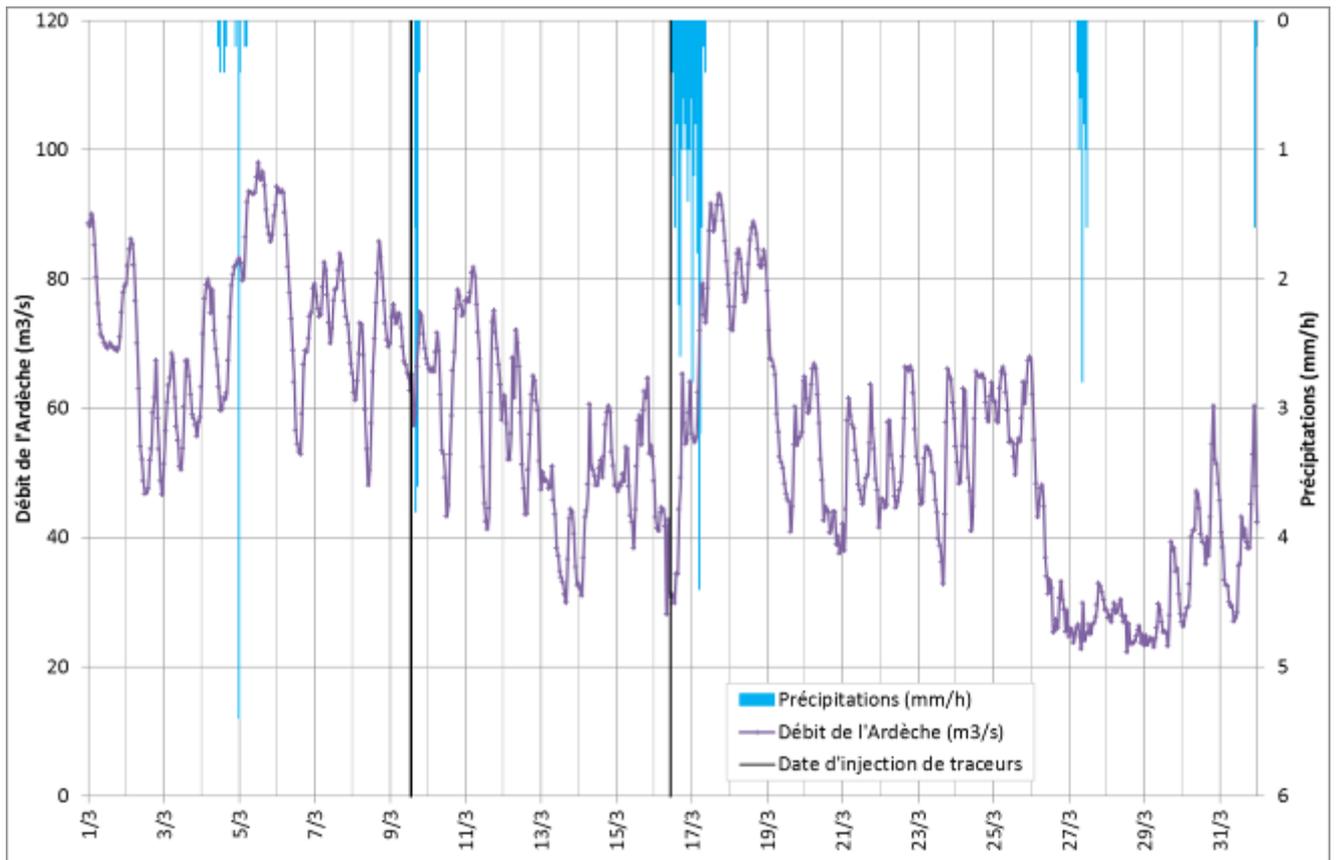


Figure 57 : Evolution du débit de l'Ardèche et des précipitations au cours du mois de mars 2016

L'épisode pluvieux du 16/03 11:00 et 17/03 8:00 a eu un impact assez limité à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche (station hydrométrique de Vallon-Pont-d'Arc) puisqu'il s'en suit une augmentation du débit du cours d'eau (de 60 à 80 m³/h) qui reste dans la gamme des variations habituelles.

V.4.2.2 Débit des sources

Une campagne de jaugeages a été réalisée le 16/03/2016 à :

- L'Event de Rives, avant sa confluence avec l'Ibie, à l'aide d'un micromoulinet ;
- La source de Pracoutel, à l'aide d'un micromoulinet ;
- La source de Carrefour, au seuil.

D'autres sources n'ont pas pu faire l'objet de jaugeages car situées dans le lit de l'Ibie mais ont été simplement observées et ont fait l'objet d'une estimation du débit :

- source du pont de la combe,
- source confluence Ardèche/Ibie,

Le débit de la source du Tiourre a pu être reconstitué sur toute la période de suivi (du 04/03/2016 au 16/04/2016) grâce à des jaugeages hebdomadaires réalisés au courantomètre électromagnétique et à

l'enregistrement en continu des niveaux d'eau de la source par l'intermédiaire d'un capteur de pression installé sur le trop-plein de la source (cf. Annexe 12).

Les résultats sont représentés sur la Figure 58. En dehors des valeurs ponctuelles du 16/03 et de l'ensemble de la courbe « source du Tiourre », les débits ont été estimés visuellement, comparativement aux débits obtenus par jaugeage. Les valeurs données pour les autres points d'eau ont également fait l'objet d'une estimation visuelle (cf. tableau de relevés de terrain en Annexe 13).

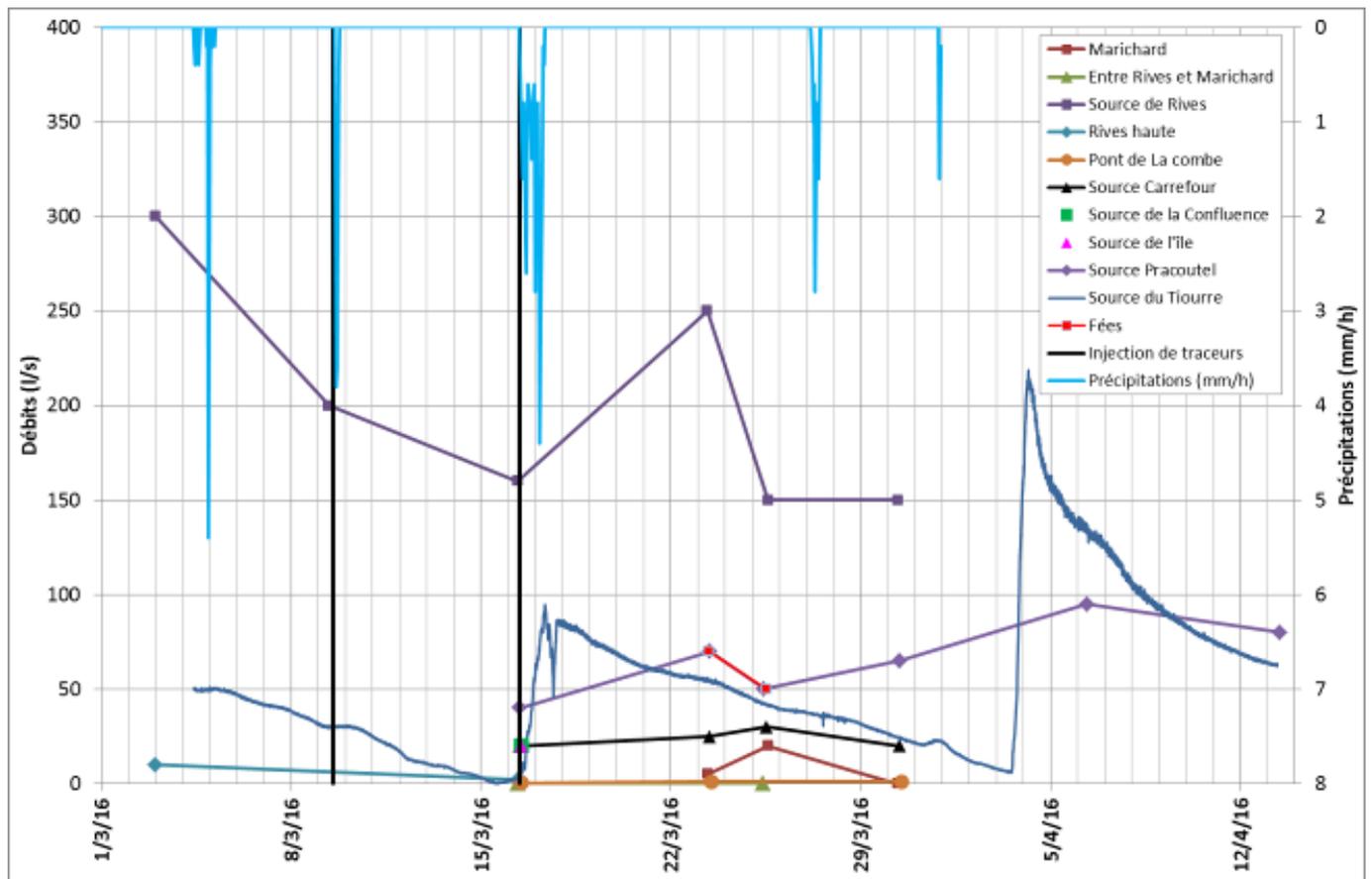


Figure 58 : Débit des sources suivies

Les commentaires sont les suivants :

- Les valeurs de débit obtenues à l'Event de Rives ont semble-t-il été largement surestimées. En effet, le calcul de restitution donnerait des quantités de traceur supérieures à celles injectées. Cet écart pourrait être dû à des apports d'eau de l'Ibie non mesurables vers la section de jaugeage.
- Les sources de Carrefour et Confluence ont un débit proche (entre 20 et 30 l/s) et inférieur à celui de la source de Pracoutel (jusqu'à 95 l/s estimés pendant notre suivi). Le débit mesuré au seau sur la source de Carrefour semble également surévalué.
- Les Events de Marichard, entre Rives et Marichard et la source de Pont de la Combe constituent de petites résurgences du système avec un débit ici inférieur à 20 l/s.

Les épisodes pluvieux dont celui du 16/03 11:00 au 17/03 8:00 ont eu un impact négligeable à l'échelle du bassin versant de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc (cf. chapitre précédent) mais un fort impact local puisque le débit de la source du Tiourre a augmenté de 94 L/s en une journée. L'Event de Rives réagit également très rapidement.

En revanche les sources issues de la bordure cénomanienne régissent nettement moins.

V.4.2.3 Comparaison des niveaux d'eau de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc et des niveaux d'eau de l'aquifère karstique

Les niveaux d'eau de l'aquifère ont été suivis au piézomètre du Bœuf et au forage de M. Divol (Figure 59).

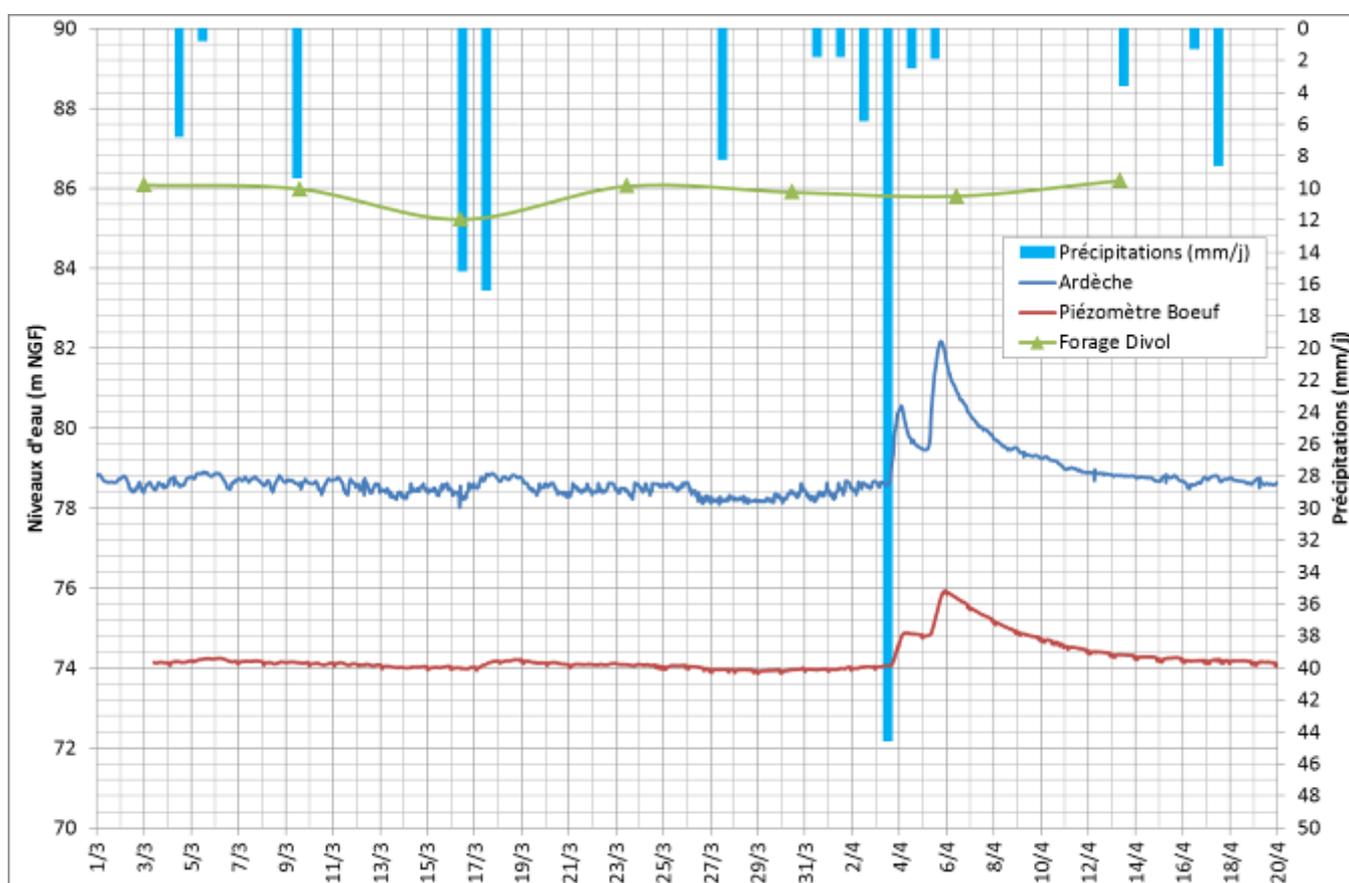


Figure 59 : Evolution des Niveaux d'eau de l'Ardèche et de l'aquifère karstique (piézomètre du Bœuf et forage Divol)

L'épisode pluvieux du 16 et 17 mars (31,6 mm cumulés) a eu un faible impact sur les niveaux d'eau de l'Ardèche (augmentation de 40 cm) et sur les deux ouvrages suivis (augmentation de 20 cm). En revanche, la hausse est nettement plus marquée sur l'épisode du 03-04/04 (45mm) sur le piézomètre du Bœuf alors que le forage de M. Divol montre une variation très faible et semble-t-il décalée.

Les variations des niveaux d'eau de l'Ardèche et du piézomètre du Bœuf sont quasi-simultanées (Figure 60). L'épisode pluvieux du 31 mars au 5 avril avec 58,4 mm a induit une hausse de 3,6 m du niveau de l'Ardèche et de 1,9 m au piézomètre du Bœuf.

L'effet du pompage appliqué au captage AEP du Bœuf (situé à environ 60 m de distance du piézomètre sur la berge en rive droite) a une incidence sur le niveau d'eau enregistré dans le piézomètre, comme il est possible de le constater sur la Figure 61. Les rabattements induits par le pompage vont de 2 à 4 cm avec la pompe n°1 et de 6 à 8 cm avec la pompe n°2 (débits prélevés en Annexe 15). Les pompes fonctionnent en alternance, seulement quelques heures par jour. Chaque mise en route de pompe n'excède généralement pas 1 h et l'ouvrage est peu sollicité.

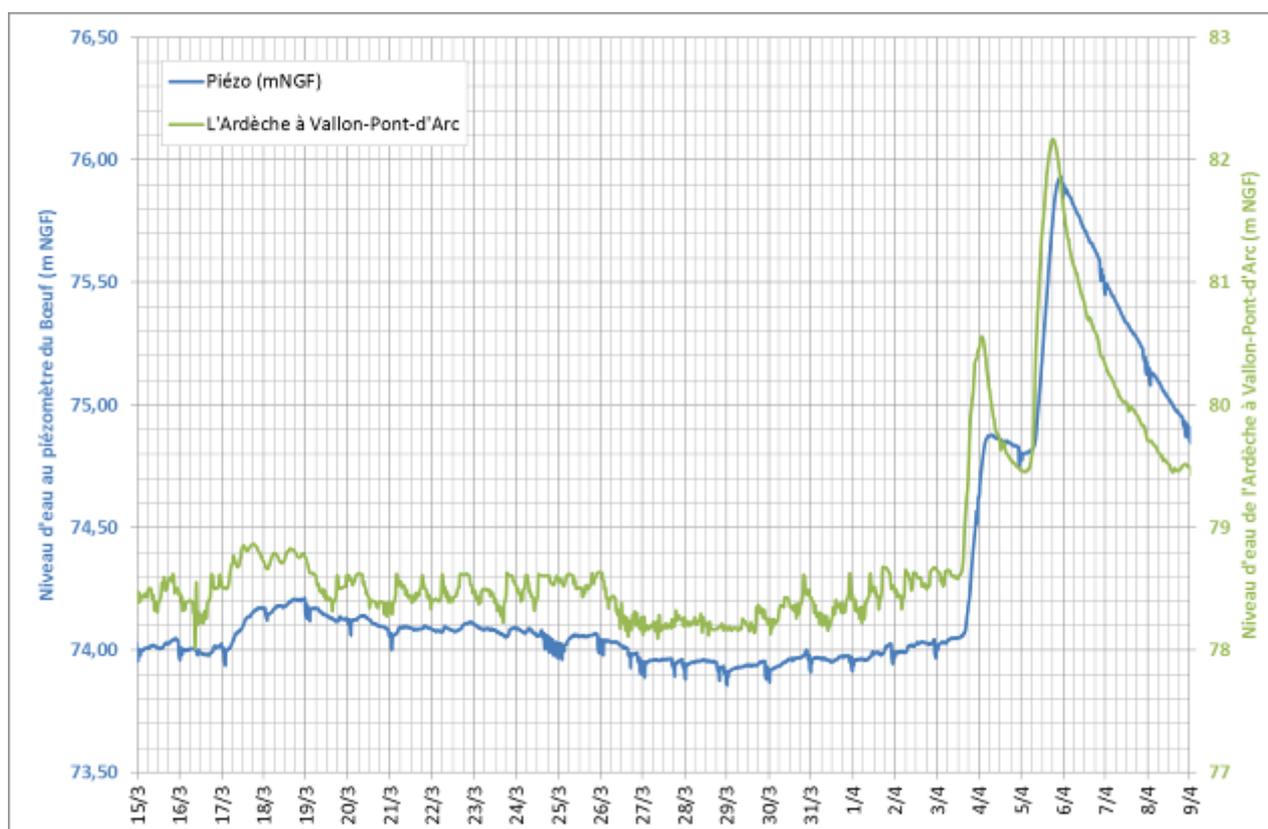


Figure 60 : Niveau d'eau au piézomètre du Bœuf comparés au niveau de l'Ardèche

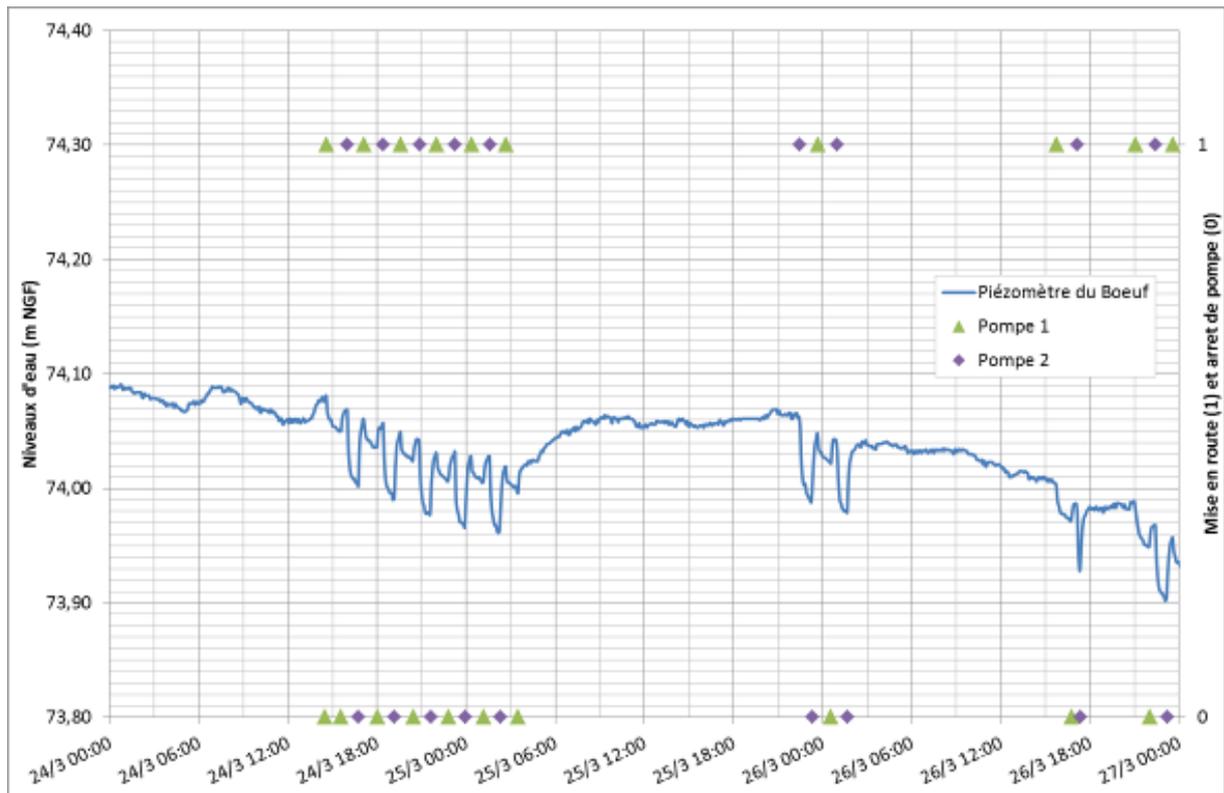


Figure 61 : Niveaux d'eau au piézomètre du Bœuf comparés aux activités des pompes au captage du Bœuf sur 3 jours consécutifs

Cette influence minime avait été déjà constatée à l'occasion des essais de pompage de 2004 et tend à indiquer que le piézomètre du Bœuf n'est pas situé sur le même drain karstique que les deux forages.

La nappe est libre au piézomètre du Bœuf et située vers 6 m de profondeur (soit au niveau des alluvions sableuses, 0-8 m de profondeur). La réaction simultanée entre le piézomètre et l'Ardèche montre la prédominance d'un lien hydraulique entre les alluvions et les calcaires et la faible prédominance des apports d'eau par les calcaires. Cet ouvrage de suivi est donc peu représentatif du karst.

L'absence de suivi de niveau sur les deux captages du bœuf s'avère être un élément manquant important puisqu'il permettrait d'analyser les réactions de ces deux ouvrages face aux événements pluvieux et aux variations de l'Ardèche. Nous rappelons en effet que les deux captages du Bœuf sont cimentés en surface sur une hauteur de 15 à 20m et captent ensuite directement les calcaires sans éponte imperméable.

Les essais de pompage menés sur les deux forages en 2004 par EAU & ENVIRONNEMENT indiquaient l'absence de lien entre les deux ouvrages AEP et l'Ardèche et des rabattements de l'ordre de 2,50m, soit un niveau dynamique vers 5 – 6m en basses eaux.

Ceci démontre l'existence d'une mise en charge prépondérante par le karst au droit des deux forages qui interdirait tout drainage des eaux de l'Ardèche vers les ouvrages.

V.5 MOYENS MIS EN ŒUVRE

V.5.1 DATES, LIEUX ET QUANTITES DE TRACEUR INJECTEES

L'acide amino G a été injecté le 9 mars 2016, entre 13:10 et 13:40, dans l'aven Vitalie, à environ 70 m de profondeur par rapport à l'entrée de l'aven (dont l'altitude est à 490 m NGF) à l'aide d'un tuyau PEHD descendu jusqu'à cette cote. Cette manipulation a nécessité l'intervention des spéléologues du CDS. 10 kg de ce traceur ont été dilués dans 271 L d'eau et 11000 L d'eau ont été ajoutés afin de créer un écoulement et « pousser » le traceur jusqu'à la zone saturée. La poussée s'est déroulée à très faible débit sur 2 x 3 heures environ.

La Figure 62 montre la configuration connue de cet aven descendant à -200 m de profondeur, où aucun plan d'eau n'a été identifié.

AVEN VITALIE

commune de Lagorce - Ardèche
Massif de la Dent de Rez

Développement = 338 mètres (V2) + 83 mètres (V1)
Dénivelé = -212 mètres (V2) et -66 mètres (V1)

Topographie : Michel Montoya et Olivier Brieu (SCSM 2012)

Dessin : Olivier Brieu

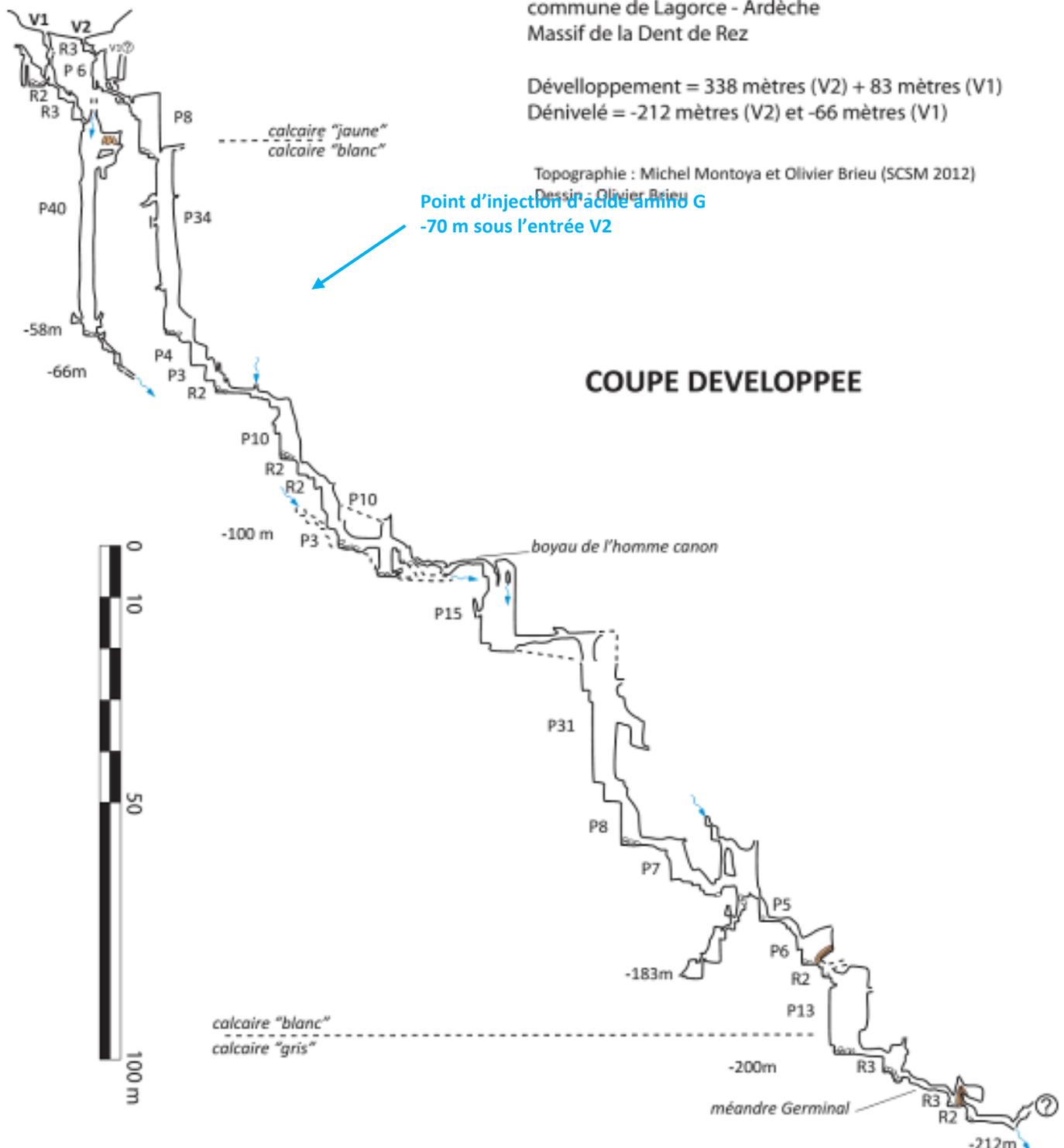


Figure 62 : Coupe de l'aven Vitalie



Figure 63 : Photographies prises lors de l'injection d'acide amino G à l'aven Vitalie, préparation du traceur (a), vue dans l'aven au point d'injection par les spéléologues (b)

L'injection de fluorescéine a été réalisée le 16 mars 2016 entre 10:23 et 10:31, à l'amont des pertes sur le ruisseau du Baravon (210 m NGF, point WPT 3 sur la Figure 64). 5 kg de ce traceur ont été dilués dans 100 L d'eau.

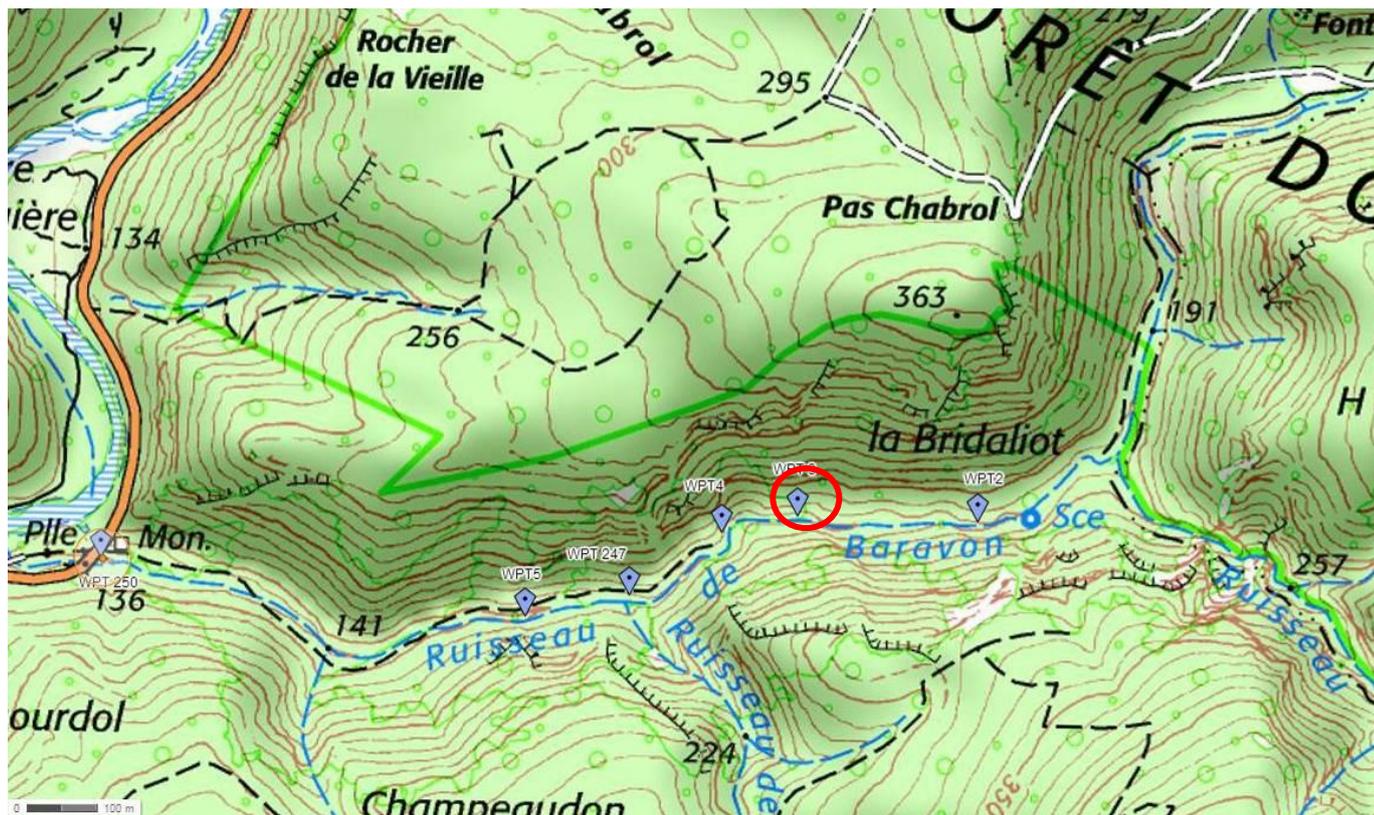


Figure 64 : Localisation du point d'injection de fluorescéine

- WPT2 : point de mise en eau du ruisseau à l'amont
- WPT3 : site d'injection des 5kg de fluorescéine
- WPT4 : site d'arrivée de la fluo dans le ruisseau vers 11h (environ 100m de parcours)
- WPT247 : zone après laquelle le ruisseau quitte la fracture (bancs redressés)
- WPT5 : zone d'assèchement total du ruisseau à 11h le 16/03



Figure 65 : Photographies de l'injection de fluorescéine au ruisseau du Baravon (en haut à gauche : préparation avant injection ; en haut à droite et en bas : quelques minutes après injection)

Le déroulement des injections des deux traçages est résumé dans le tableau ci-dessous.

Traceur	Lieu d'injection	Date de l'injection	Quantité (kg)	Volume (L)	Concentration (g/L)
Acide Amino G	Aven Vitalie	09/03/2016 13:10-13:40	10	271	36,9
Fluorescéine	Ruisseau du Baravon	16/03/2016 10:23-10:31	5	100	50,0

Tableau 14 : Descriptif des traçages (date et lieu, quantité de traceurs injectés)

Les deux sites d'injection sont géo-référencés sur la Figure 54.

V.5.2 DISPOSITIF DE SURVEILLANCE

V.5.2.1 Points d'eau suivis

Plusieurs sources, forages, avens, grottes, constituant des exutoires probables du système, ont été suivis durant toute la durée de l'expérimentation et sont localisés sur la Figure 54 et la Figure 66 précisant la nature des différents dispositifs de surveillance.

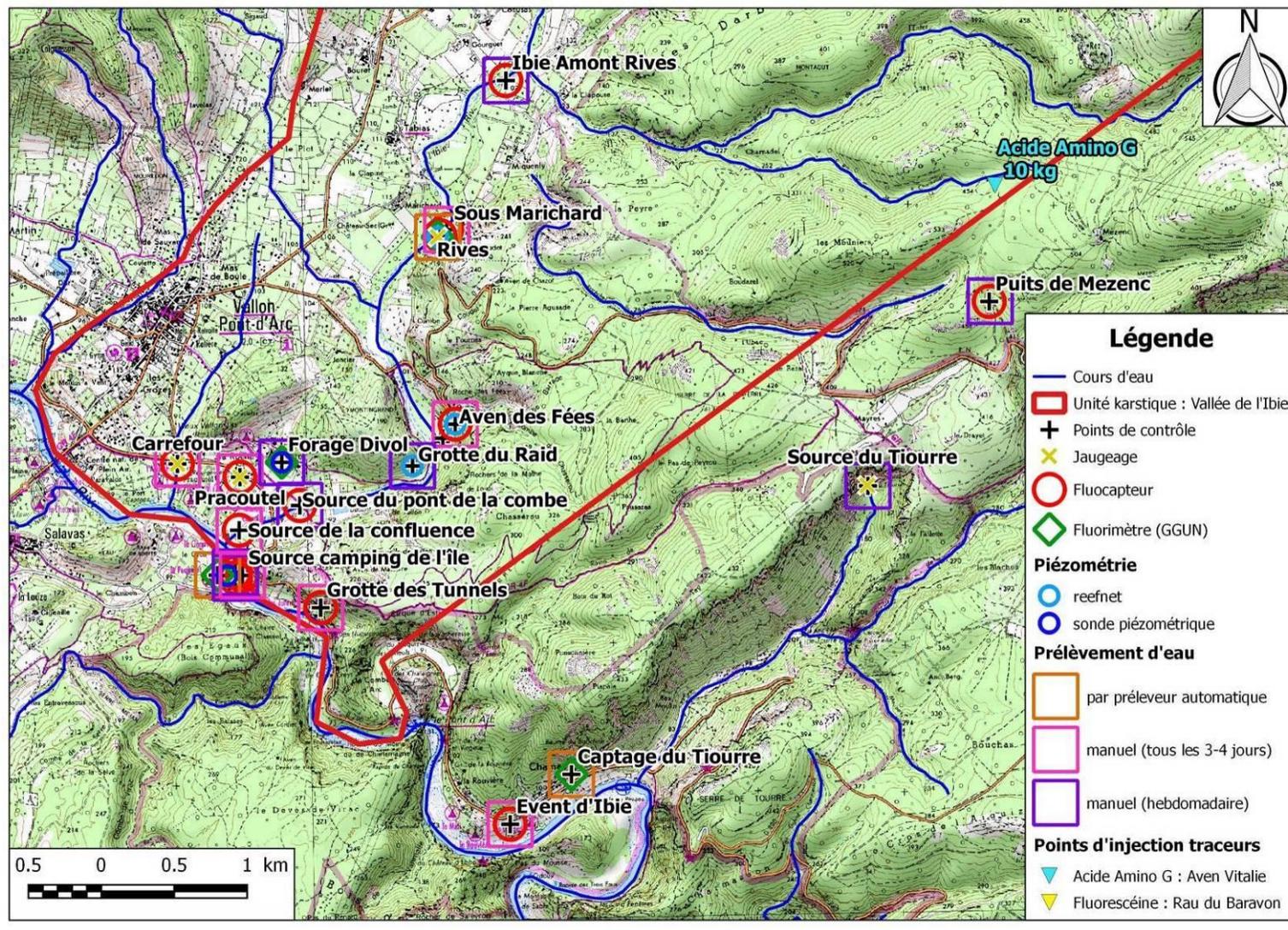


Figure 66 : Localisation des dispositifs de surveillance du traçage vallée de l'Ibie

Les points d'eau suivants ont été suivis afin de vérifier la pertinence de la limite Est de l'unité karstique.

Puits de Mézenc (Figure 67)

Puits naturel (439 m NGF) de 5-6 mètres de profondeur situé dans les calcaires urgoniens, il contient en permanence de l'eau. Il se transforme en période de grosses pluies en une importante exurgence pouvant débiter plus de 100 l/s, mais pour une courte durée. Il doit correspondre à une évacuation du trop-plein du réseau du Tiourre pendant les périodes où le réseau karstique est noyé car il est situé à 1,5 km au Nord de la source du Tiourre et 140 m au-dessus.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-captur a été installé.



Figure 67 : Photographie du puits de Mézenc prise en bordure de chemin

Source du Tiourre (Figure 68)

La source du Tiourre (240m NGF) émerge d'une grotte rapidement siphonnante et impénétrable. Les eaux s'infiltrent immédiatement pour réapparaître épisodiquement dans le lit du ruisseau du Tiourre. La source de la Minoterie constitue une de ces résurgences.

Des jaugeages réguliers et des relevés d'un capteur de niveau ont été réalisés sur ce point afin de pouvoir quantifier la masse de traceur pouvant transiter par ce système.

Captage du Tiourre

La station de captage du Tiourre (110 m NGF) se situe environ 2,8 km en aval de la source et est alimenté par gravité depuis l'émergence pour l'alimentation en eau potable de Vallon-Pont-d'Arc. Le débit arrivant à la station est constant car lié au diamètre de la conduite et vaut 19 m³/h (prélèvements journaliers en Annexe 15).

Un fluorimètre et un préleveur automatique ont été installés afin de contrôler le passage de l'acide amino G, la fluoescéine n'étant pas attendue sur ce secteur.



Figure 68 : Photographie de la source du Tiourre

Event d'Ibie

Cette exsurgence temporaire de la rive gauche est éloignée d'une centaine de mètres de l'Ardèche qu'elle domine de 15 mètres (~ 90 m NGF). Elle n'entre en activité que lors de crues violentes. C'est une galerie circulaire de faible diamètre, orientée Sud-Nord et presque horizontale. Les habitants ont toujours pensé qu'elle était en relation avec la rivière Ibie, d'où son nom, mais aucune coloration ne l'a jusqu'à présent prouvé.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-capteur a été installé. Ce point de surveillance a également été équipé d'une Reefnet qui enregistrera les hauteurs de mise en charge sur une durée de 1 an.



Figure 69 : Points de suivi et dispositifs de surveillance dans la zone de Rives

Les points de suivi qui suivent étaient destinés à la surveillance du passage des deux traceurs en basse vallée de l'Ibie.

Ibie amont Rives (Figure 69)

Des prélèvements ont été réalisés et un fluo-captteur a été installé sur l'Ibie en amont des Events de Rives et de Marichard à partir du 16 mars 2016 afin de vérifier si le passage des traceurs dans le secteur Rives/Marichard est lié à un écoulement souterrain ou à une contamination par la rivière.

Event de Rives, Event de Marichard, Source entre Rives et Marichard (Figure 69 et Figure 70)

L'évent de Rives, situé à proximité du lit mineur de l'Ibie en rive gauche correspond à un entonnoir de quelques mètres creusé dans les alluvions jusqu'au bed-rock Urgonien. Il en sort, en période de hautes et moyennes eaux, des sorties diffuses qui rejoignent l'Ibie.

Situé à proximité de l'Event de Rives, 150 m en amont, mais 30 m au-dessus sur la falaise, l'évent de Marichard appartient au même réseau. Il se met en charge violemment, toujours après l'évent de Rives, et par fortes pluies et forme une cascade visible de loin.

Ces deux émergences temporaires correspondent à des trop-pleins du système karstique. D'autres émergences apparaissent de manière plus faible et plus diffuse « entre Rives et Marichard ».

Un fluorimètre et un préleveur automatique ont été installés entre l'évent de Rives et sa confluence avec l'Ibie, afin de contrôler le passage de la fluorescéine et de l'acide amino G. Plusieurs fluo-captteurs ont été placés sur les arrivées diffuses situées entre Rives et Marichard. Des prélèvements d'eau ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine).

Le fluorimètre et le préleveur automatique ont dû être déplacés une fois à cause des variations de la cote d'émergence des eaux de l'évent de Rives sur la rive de l'Ibie.



Figure 70 : Photographie de la confluence entre les eaux issues de l'évent de Rives et l'Ibie

Aven des Fées (Figure 71)

A l'aval, de l'évent de Rives, à l'entrée du défilé de l'Ibie, s'ouvre un réseau vertical de près de 100 m de profondeur qui débouche par l'évent des Fées, émergence temporaire pouvant présenter de forts débits en crue.

Un fluorimètre a été installé afin de contrôler le passage de la fluorescéine et éventuellement de l'acide amino G. Des prélèvements d'eau ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine). Quelques mesures de conductivité/température ont été effectuées sur les eaux issues de l'aven des Fées aux points « Fées (émergences) » et « Fées (amont confluence) ».

Grotte du Raid (Figure 71)

Des prélèvements d'eau ont été réalisés ponctuellement (1 fois par semaine). Malheureusement, l'étroiture qui permet l'accès au point d'eau était noyée, les prélèvements réalisés ne sont donc pas représentatifs de l'écoulement actif du réseau observé sur ce point.

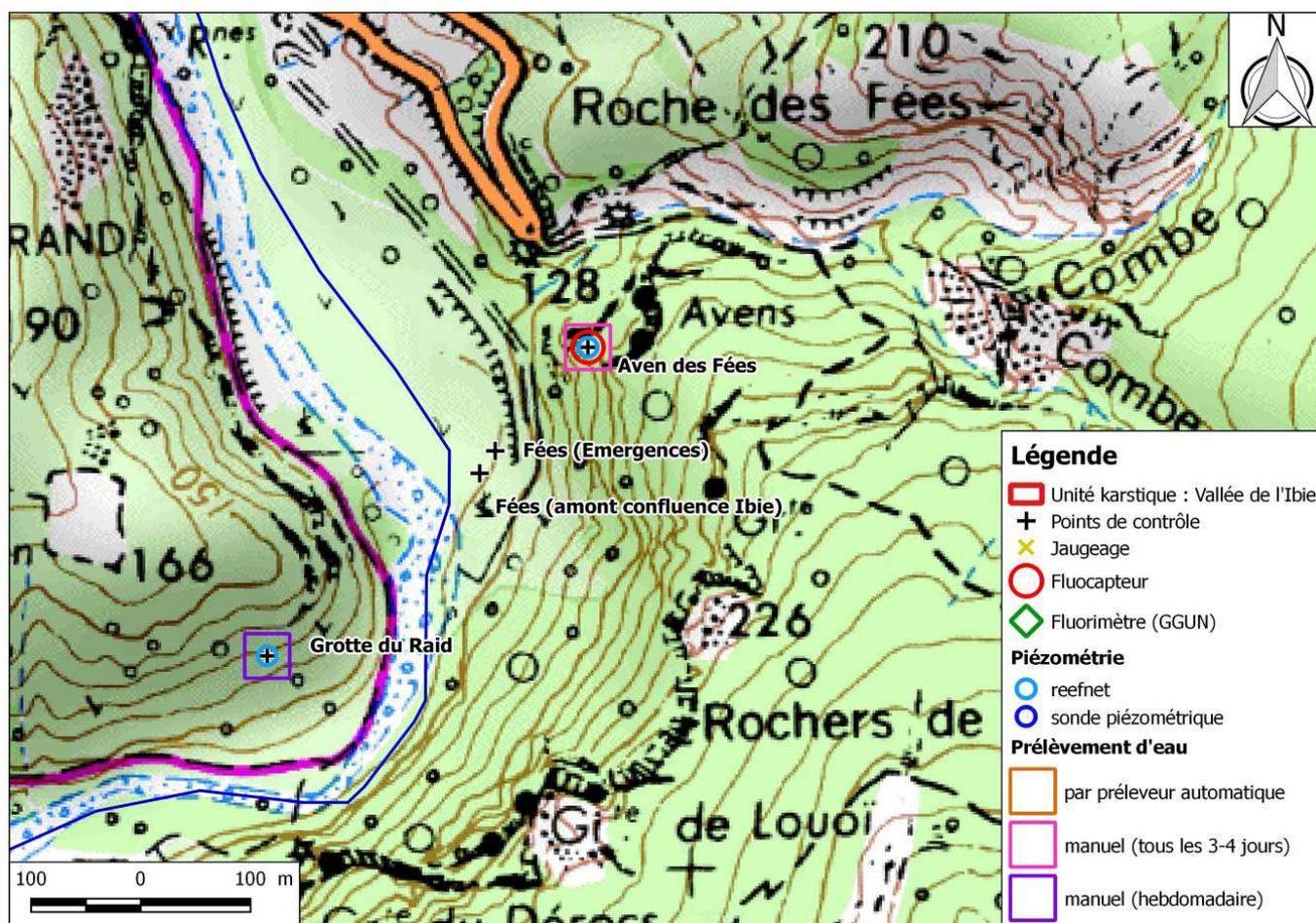


Figure 71 : Points de suivis dans la zone de Fées/Raid

Forage Divol (Figure 72)

D'une profondeur de près de 30 m, ce forage domestique appartient à M. Divol. Il est implanté dans les calcaires du Crétacé. Sa coupe géologique est inconnue.

Un fluorimètre a été installé au fond du forage (30 m) et des prélèvements ont été réalisés ponctuellement (1 fois par semaine), en surface (soit à ~ 9 m de profondeur). A chaque visite, le niveau piézométrique a été relevé.

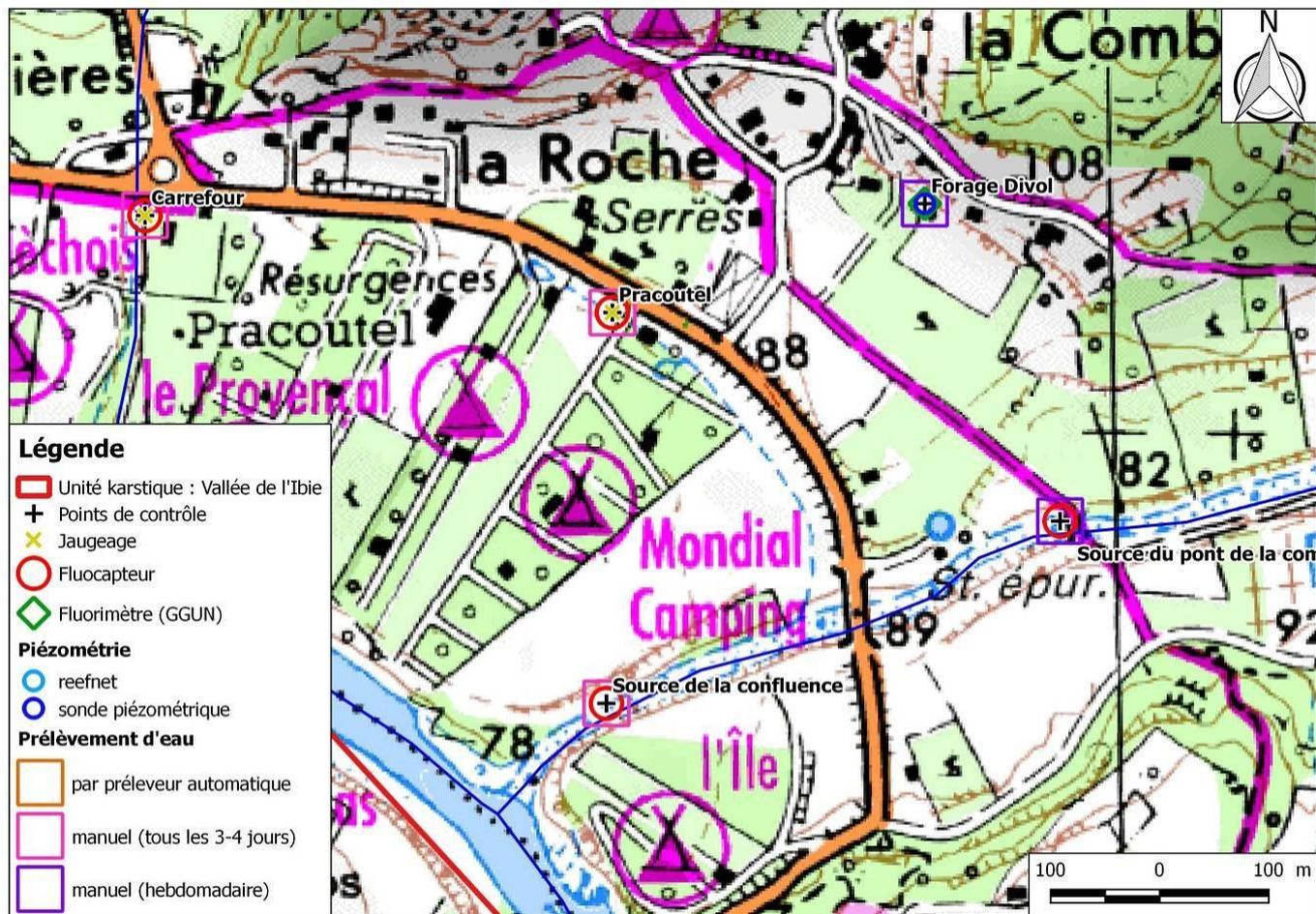


Figure 72 : Points de suivis dans la zone de Vallon pont d'Arc

Source du Carrefour (Figure 72 et Figure 73)

Située au Sud de l'unité, cette source temporaire alimente le ruisseau de la Ratière. Dans sa partie visible, elle se présente sous la forme de l'extrémité d'un drain qui se jette dans un fossé. L'origine de l'émergence est sans doute localisée plus à l'amont.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-capteur y a été installé.



Figure 73 : Photographie de la source Carrefour

Source Pracoutel (Figure 72 et Figure 74)

Située au Sud de l'unité, cette source temporaire dont l'origine n'est pas connue alimente un fossé le long de la Départementale 290.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-captur y a été installé.



Figure 74 : Photographie du fossé Pracoutel, prise en bordure de route

Source du Pont de la Combe (Figure 72 et Figure 75)

Cette source, située en rive droite de l'Ibie se compose de plusieurs émergences toutes situées en rive droite de l'Ibie au niveau du pont en pierres qui enjambe la rivière.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-captur y a été installé.

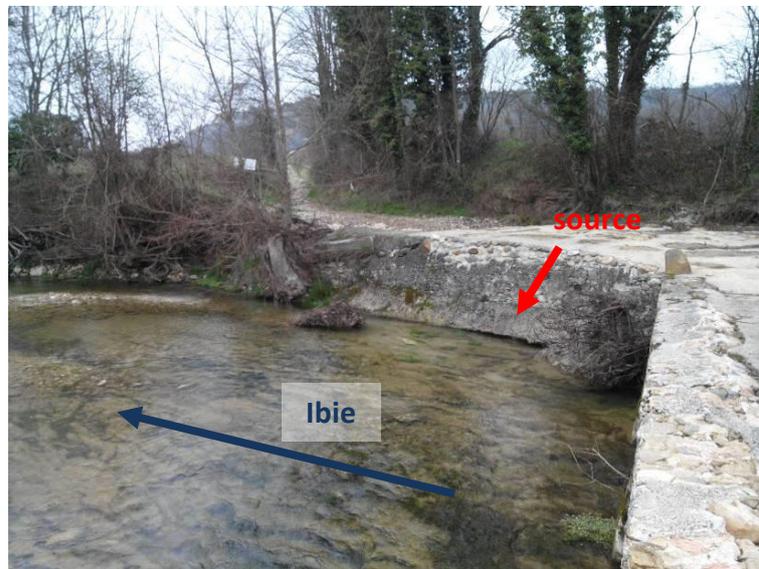


Figure 75 : Photographie de la source du Pont de la Combe

Source de la Confluence (Figure 72 et Figure 76)

Au moins trois émergences ont été localisées en rive droite de l'Ibie, 30 m en amont de la confluence entre l'Ibie et l'Ardèche. Elles émergent soit directement dans le lit de l'Ibie soit sur sa rive à la base.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-captur y a été installé.

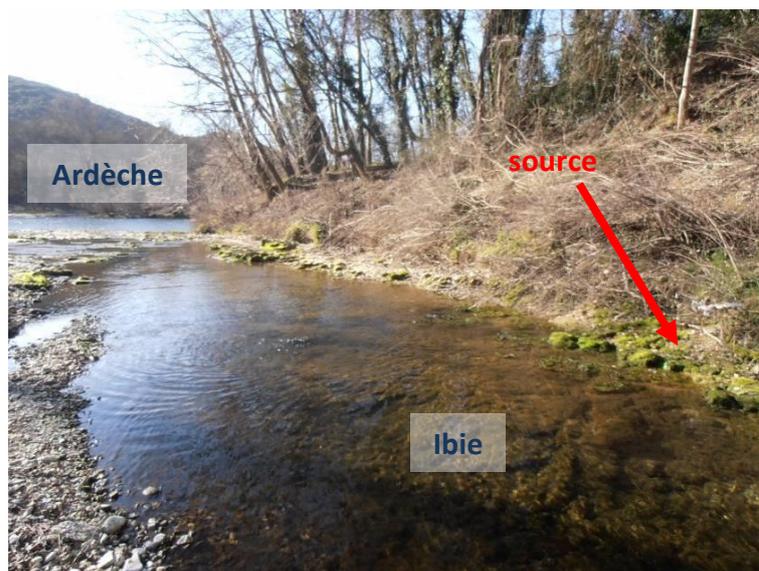


Figure 76 : Photographie de la source de la confluence

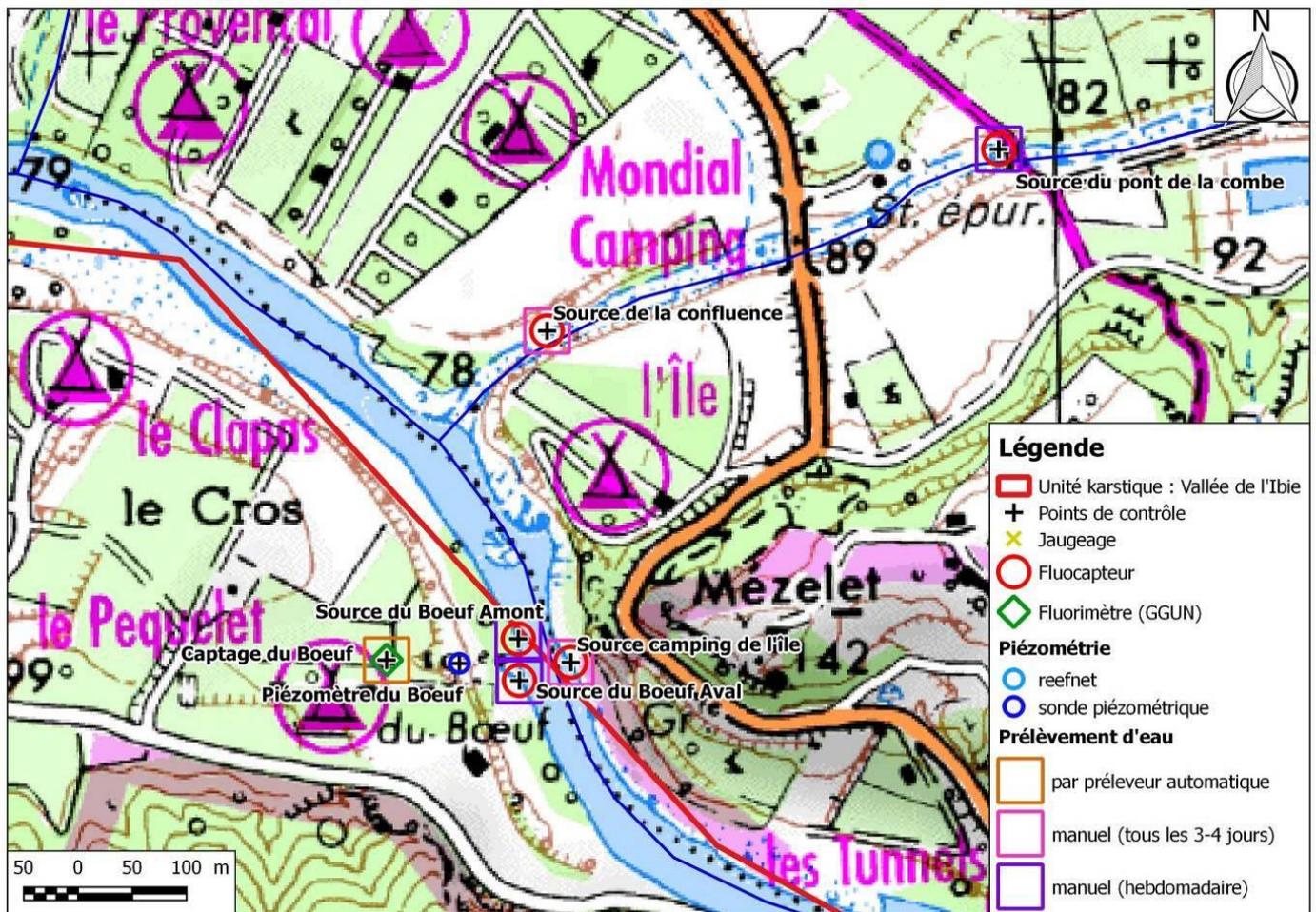


Figure 77 : Points de suivis dans la zone du Bœuf

Sources et captages du Bœuf (Figure 77, Figure 78 et Figure 79)

Situées légèrement au-dessus du lit d'étiage de l'Ardèche, en rive droite, les sources du Bœuf arrivent en charge par deux orifices principaux. Leur captage est assuré quelques mètres à l'amont grâce à deux forages F1 et F2 dont les coupes géologiques sont :

F1 : 0 – 4 m : alluvions sablo-graveleuses ;

4 – 50 m : calcaires à faciès Urgonien.

F2 : 0 – 1 m : alluvions sableuses ;

1 – 60 m : calcaires à faciès Urgonien.

Pendant la période du traçage, les deux forages ont fonctionné alternativement quelques heures par jour et pour un volume journalier allant de 0 à 1280 m³ (cf. Annexe 15).

Un fluorimètre et un préleveur automatique ont été installés sur la conduite de refoulement du forage qui achemine l'eau prélevé jusqu'à la station afin de contrôler le passage de la fluorescéine et de l'acide amino G.

Des prélèvements ont été réalisés occasionnellement (1 fois par semaine) au niveau de deux résurgences de la source nommées source du Bœuf amont et source du Bœuf aval.



Figure 78 : Photographie du captage du Bœuf (forages F1 et F2) prise en rive droite de l'Ardèche

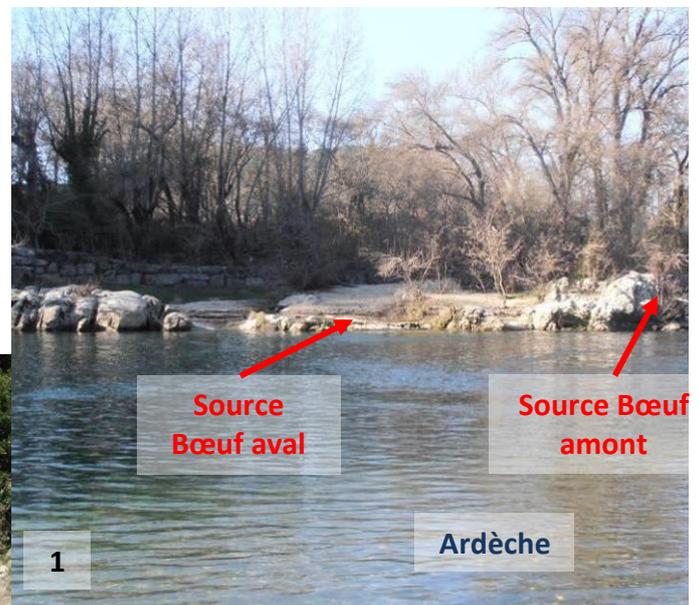


Figure 79 : Photographie des sources du Bœuf prises depuis la rive gauche de l'Ardèche (1) et au-dessus de la source amont (2)

Piézomètre du Bœuf (Figure 77 et Figure 80)

Le piézomètre du Bœuf est implanté à 60 m des deux forages et recoupe 8 m d'alluvions sableuses (avec quelques graviers) avant de traverser les calcaires de l'Urgonien entre 8 et 40 m de profondeur. Les variations de piézométrie ont été suivies au cours de l'expérimentation, à l'aide d'un capteur de niveau.



Figure 80 : Photographie du piézomètre du Bœuf

Source du camping de l'île (Figure 77 et Figure 81)

La source sous-alluviale se situe en rive gauche de l'Ardèche, en face des sources du Bœuf, sur la plage attenante au camping de l'île. Elle se présente sous la forme d'un faible écoulement diffus.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement (3 fois par semaine) et un fluo-capteur a été installé au niveau de l'émergence principale.

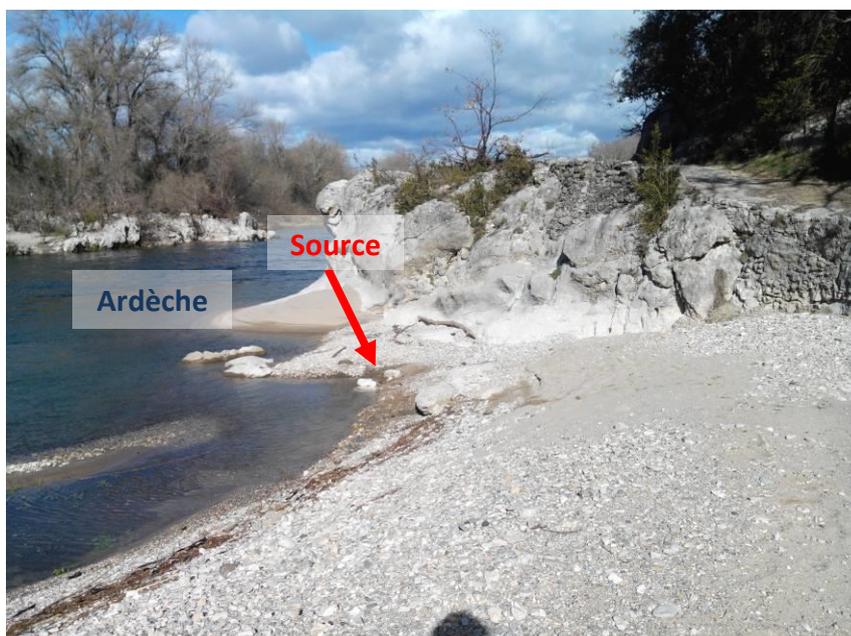


Figure 81 : Photographie de la source du camping de l'île

Grotte des Tunnels (Figure 66)

Dans cette grotte, une grande galerie Est-Ouest s'est développée au contact d'une diaclase. C'est dans cette galerie que débouche temporairement un ruisseau dont le débit peut atteindre 50 l/s, et qui s'écoule par cascades vers les salles basses dans un petit lac permanent situé au niveau de l'Ardèche. Le réseau est donc temporairement actif. Le lac des salles basses est en liaison hydrostatique avec l'Ardèche il suit ses fluctuations de niveau, mais le ruisseau intérieur provoque parfois en périodes de pluies un ennoyage des galeries et va jusqu'à se déverser sur la route, soit 20 m au-dessus de son niveau normal.

Des prélèvements ont été réalisés régulièrement sur une petite source de très faible débit débouchant au niveau de la paroi de la galerie (3 fois par semaine) et un fluo-capteur a été installé à la sortie sur la source.

V.5.2.2 Matériel et mesures

Différents dispositifs ont été installés sur chacun des points d'eau (cf. récapitulatif en fin de chapitre, Tableau 16). Ils ont permis une surveillance en continu du passage des traceurs entre le 3 mars et le 20 avril 2016.

a. Fluorimètres G-GUN

Cinq fluorimètres ont été mis en place pour un enregistrement en continu (pas de temps 5 à 15 mn) et pour une durée de suivi de 1 mois ½ sur les points suivants :

- A l'évent de Rives;
- A l'aven des Fées ;
- Au captage du Bœuf, sur la conduite de refoulement du forage avant chloration ;
- Au captage de la source du Tiourre, sur la conduite de refoulement du forage avant chloration ;
- Dans le forage de M. Divol, au fond du forage, vers 30 m de profondeur.

Ils ont permis d'obtenir un enregistrement des courbes de restitution des colorants injectés, d'évaluer les vitesses de transfert dans le milieu souterrain (vitesse maximum, vitesse moyenne, vitesse au pic de restitution...), mais pas de calculer le taux de restitution du colorant injecté en raison des grosses incertitudes de débit mesurées.

Les données issues des enregistrements ont été représentées sous forme graphique pour chaque point de mesure en Annexe 17, Annexe 18, Annexe 19, Annexe 20 et Annexe 21. Les résultats ont été traités dans le chapitre V.6 RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE.

b. Fluo-capteurs

Dix-sept fluo-capteurs ont été installés, mais seulement sept ont été analysés par spectrométrie en laboratoire (cf. résultats du spectre de fluorescence en Annexe 16 et Tableau 15). Les fluo-capteurs non analysés ont été remplacés par l'analyse d'échantillon d'eau prélevés régulièrement tout au long de l'essai.

Le résultat positif aux sources "entre Rives et Marichard", "Marichard" confirment le passage de la fluorescéine à l'évent de Rives.

Le fluo-capteur installé dans le cours de l'Ibie, en amont de l'évent de Rives montre un résultat négatif à la fluorescéine. Cette information permet d'affirmer que le passage de la fluorescéine à l'évent de Rives s'effectue par le réseau souterrain et non par une contamination de l'Ibie.

Bien que les sources du Pont de la Combe et de Confluence donnent un résultat positif, les fluo-capteurs ont été aperçus à plusieurs reprises dans le cours de l'Ibie à cause de la montée des eaux. Il est donc fort probable que ces résultats soient dus à une contamination par les eaux de l'Ibie. En effet, l'acide amino G et la fluorescéine sont sortis à l'évent de Rives et ont ensuite rejoint l'Ibie.

Point d'eau	Mis en place le	Relevé le	Commentaire	Résultat
Ibie amont Rives	16/03/2016 09:50	30/03/2016 08:00		Négatif
Sce entre Rives et Marichard	03/03/2016	30/03/2016 09:00		Positif
Sce entre Rives et Marichard	30/03/2016 09:00	06/04/2016		Positif
Marichard	03/03/2016	30/03/2016 08:45		Positif
Marichard	30/03/2016 08:45	06/04/2016		Positif
Sce confluence	03/03/2016	13/04/2016 10:50	déplacé dans l'ibie le 16/03, le 25/03 et le 06/04	Positif
Sce pont de la combe	09/03/2016	13/04/2016 11:15	La source est sous les eaux de l'ibie le 25/03 et le 06/04	Positif

Tableau 15 : Liste et résultats des fluo-capteurs analysés

Positif : présence d'un pic saturé en Fluorescéine
 Négatif : aucun pic de colorant
 - : pas d'analyse

c. Prélèvements manuels et automatiques d'échantillons d'eau

Trois préleveurs automatiques ont été installés sur les points d'eau suivant :

- A l'évent de Rives ;
- Au captage du Bœuf, sur la conduite de refoulement du forage avant chloration ;
- Au captage de la source du Tiourre, sur la conduite de refoulement du forage avant chloration.

Les relevés sont effectués par l'appareil toutes les 8h et permettent d'assurer le suivi en cas de défaillance du fluorimètre et de recalculer les concentrations relevées par les fluorimètres.

Les autres points d'eau ont fait l'objet d'échantillonnages manuels à des fréquences allant de 3 à 7 jours grâce au passage d'un membre du CDS.

Des blancs ont été réalisés sur ces points d'eau préalablement à l'injection des traceurs, en amont de l'essai pour vérifier l'absence de contamination. Les échantillons ont été envoyés au laboratoire Sciences Environnement pour analyse par spectromètre de luminescence.

Les résultats des concentrations en traceurs des échantillons analysés sont rassemblés Annexe 22. Ils ont été traités dans le chapitre V.6 RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE.

d. Jaugeages

Des jaugeages nécessaires au calcul de restitution des traceurs ont été réalisés de manière ponctuelle, le 16/03/2016 à :

- L'évent de Rives, avant sa confluence avec l'Ibie, à l'aide d'un micromoulinet rivière ;
- La source de Pracoutel, à l'aide d'un micromoulinet rivière ;
- La source de Carrefour, au seau et au chronomètre.

En dehors de cette date, aucun jaugeage n'a été réalisé (excepté pour la source du Tiourre) les autres valeurs de débits représentées ont été estimées visuellement comparativement aux résultats de la campagne du 16 mars.

Le trop-plein de la source du Tiourre, à l'origine du ruisseau, a été jaugé 1 fois par semaine, à l'aide d'un courantomètre électromagnétique. Ces mesures ponctuelles ont servi de recalage au suivi en continu des niveaux d'eau du trop-plein de la source, réalisé à l'aide d'un capteur de niveau, ceci afin de reconstituer la chronique de débit entre le 04/03/2016 et le 16/04/2016 (cf. Annexe 12).

e. Piézométrie de la nappe

Les niveaux piézométriques au piézomètre du Bœuf, situé entre le captage AEP et la rivière, ont été suivis du 03/03/2016 au 20/04/2016 à l'aide d'un capteur de pression, avec enregistrement au pas de temps 5 min. Les résultats ont été traités dans le chapitre V.4.2.3 Comparaison des niveaux d'eau de l'Ardèche à Vallon-Pont-d'Arc et des niveaux d'eau de l'aquifère karstique.

Les niveaux d'eau au forage Divol ont été mesurés manuellement à chaque visite sur le site. Les résultats ont également été traités dans le chapitre V.4.2.3 et sont résumés en Annexe 14.

f. Débits d'exploitation

Les débits d'exploitation des captages du Tiourre et du Bœuf ont été récupérés auprès des exploitants Véolia et Suez (cf. Annexe 15). Durant la période d'expérimentation, les volumes moyens prélevés ont été de 471,5 m³/j au captage du Tiourre et de 343 m³/j au captage du Bœuf.

Le pompage est continu et régulier au captage du Tiourre (débit moyen = 19,67 m³/h et volume journalier compris entre 453 et 474 m³/j).

Le captage du Bœuf est exploité quelques heures par jour et le pompage alterne entre les deux forages. Les volumes prélevés ont été compris entre 0 et 1281 m³/j durant l'expérience de traçage. Un problème de communication entre la reprise de Salavas et la source du Bœuf a été à l'origine d'un arrêt de pompage du 20 au 24/03.

g. Mesures de conductivité

La conductivité a été relevée lors des visites de terrain (cf. Figure 82).

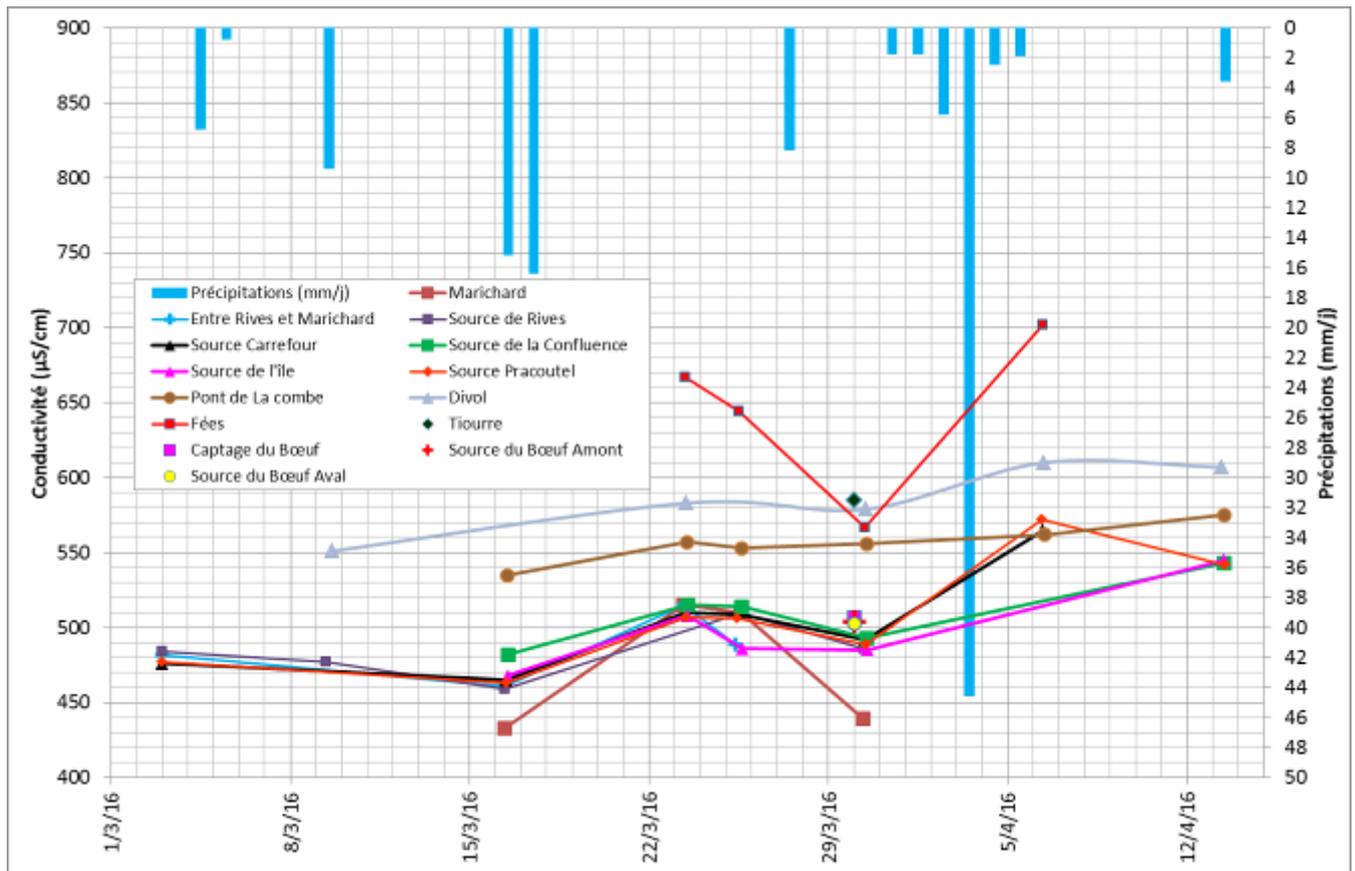


Figure 82 : Conductivité des points d'eau suivis

Les sources entre Rives et « Marichard, Carrefour, source de l'île, l'évent de Marichard, l'évent de Rives, les sources « Confluence », « Pracoutel », les captages du Bœuf, les sources du Bœuf amont et du Bœuf aval, ont des valeurs de conductivité similaires, situées entre 450 et 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ environ caractéristiques de l'aquifère calcaire étudié.

Les sources du Pont de la Combe, Tiourre et l'eau captée au forage de M. Divol sont plus chargées en éléments dissous que les sources citées précédemment, avec des valeurs de conductivité comprises entre 535 et 610 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Concernant les sources du Pont de la Combe et le forage de M. Divol, la conductivité plus élevée reflète un temps de séjour plus long donc des zones où les circulations sont plus lentes. Ceci supposerait que ces points d'eau sont situés plus à l'écart des axes de drainage.

La conductivité de l'eau mesurée à l'aven des Fées présente des valeurs comprises entre 570 et 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de grosses variations qui peuvent être liées aux mises en charge.

h. Données des sondes reefnet

Des sondes reefnet ont été implantées à l'évent de Rives, l'aven des Fées, la grotte du Raid et sur l'Ibie au Pont du Razal. Les variations des hauteurs d'eau (enregistrées depuis le 25/02/2016) comparées aux précipitations (données du 01/03/2016 au 19/04/2016) sont représentées sur la Figure 83.

Les niveaux d'eau à l'évent de Rives, l'évent des Fées et de l'Ibie au Pont du Razal varient rapidement en réponse aux évènements pluvieux. Le niveau d'eau à la grotte du Raid évolue différemment des autres, mais nous avons vu précédemment que l'endroit où était installée la reefnet pendant cette première partie du suivi n'est pas représentatif de l'actif. La sonde reefnet a été déplacée plus profondément cet été.

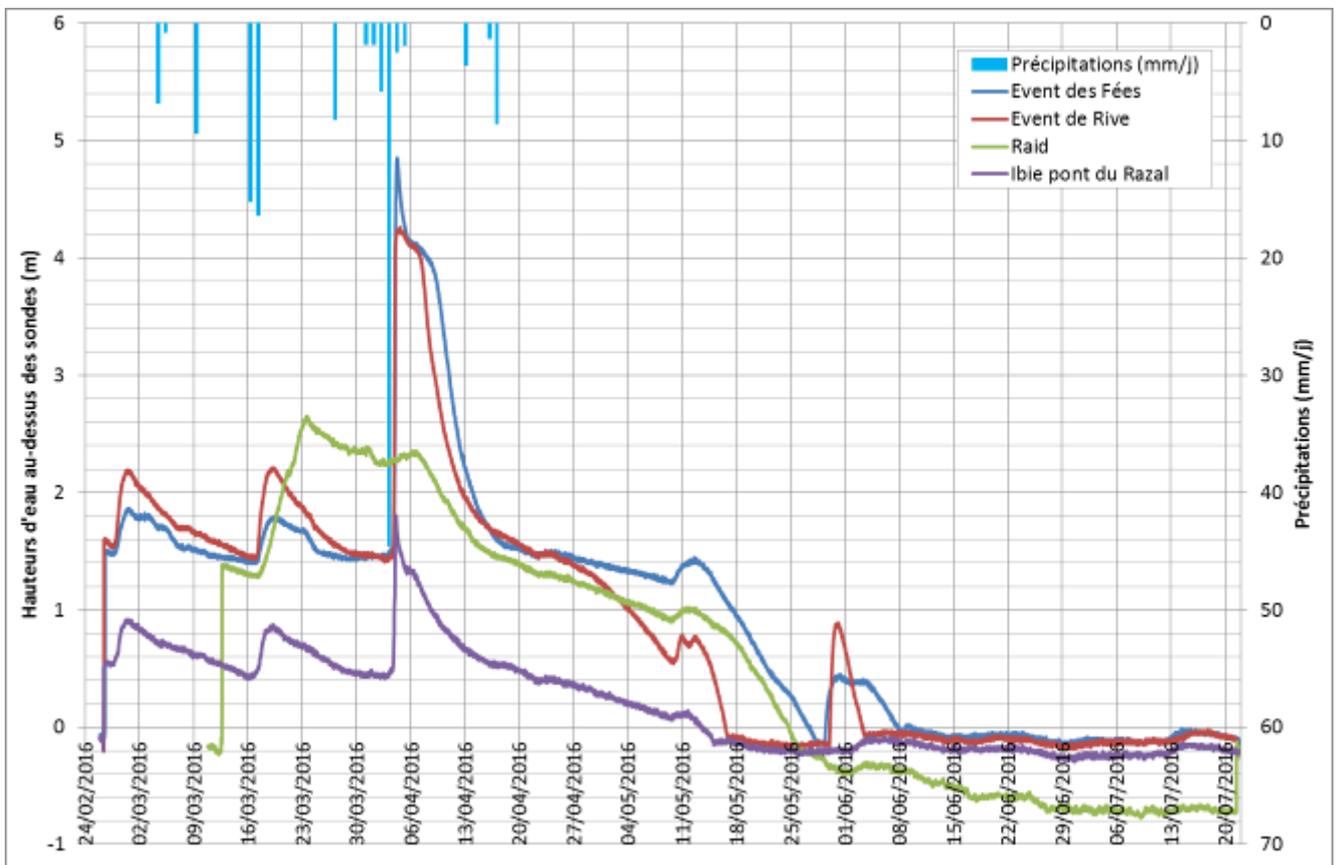


Figure 83 : Evolution des hauteurs d'eau au-dessus des sondes reefnet implantées à l'évent de Rives, l'aven des Fées, la grotte du Raid et l'Ibie au Pont du Razal

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

SUIVI ESSAI MULTI-TRACAGE MARS 2016										
Points de restitution	Fluorimètre (GGUN)	Préleveur auto.	Fluo-capteur	Blanc (éch. eau)	Prélvts manuels pour analyses (éch. eau)	Nb. Analyse Fluo mini (éch. eau)	Analyse AAG mini (éch. eau)	Capteur de niveau	Jaugeage micromoulinet / seuu	Autre
TIOURRE - source	NON	NON	NON	NON	OUI	0	0	OUI	OUI	courantomètre
TIOURRE - captage	OUI	OUI	NON	OUI	NON	0	29	NON	NON	Q (VEOLIA)
PUITS MEZENC	NON	NON	OUI	OUI	OUI	2	4	NON	NON	RAS
EVENT IBIE	NON	NON	OUI	OUI	OUI	1	1	NON	NON	Prl pompage
TUNNELS	NON	NON	OUI	OUI	OUI	1	7	NON	NON	RAS
IBIE AMONT RIVES	NON	NON	OUI	NON	OUI	2	0	NON	NON	RAS
SCE RIVES	OUI	OUI	NON	OUI	NON	11	20	NON	OUI	micromoulinet
SCE ENTRE RIVE & MARICHARD	NON	NON	OUI	NON	OUI	0	0	NON	NON	RAS
SCE MARICHARD	NON	NON	OUI	NON	OUI	0	0	NON	NON	RAS
AVEN DES FEES	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	1	6	NON	NON	RAS
GROTTE DU RAID	NON	NON	NON	OUI	OUI	0	0	NON	NON	RAS
SCE PT DE LA COMBE	NON	NON	OUI	NON	OUI	3	4	NON	NON	RAS
SCE CAMPING DE L'ÎLE	NON	NON	OUI	OUI	OUI	0	2	NON	NON	RAS
SCE CONFLUENCE	NON	NON	OUI	OUI	OUI	5	7	NON	NON	RAS
SCE CARREFOUR	NON	NON	OUI	OUI	OUI	7	8	NON	OUI	au seuu
FOSSE/SCE PRACOUTEL	NON	NON	OUI	OUI	OUI	7	8	NON	OUI	micromoulinet
FORAGE DIVOL	OUI	NON	NON	OUI	OUI	0	5	NON	NON	RAS
CAPTAGE BŒUF	OUI	OUI	NON	OUI	NON	7	0	NON	NON	Q (SUEZ)
PIEZO BŒUF	NON	NON	NON	NON	NON	0	0	OUI	NON	RAS
SCE BŒUF AMONT	NON	NON	OUI	NON	OUI	0	0	NON	NON	RAS
SCE BŒUF AVAL	NON	NON	OUI	OUI	OUI	0	0	NON	NON	RAS
TOTAL BASE	5	3	17	14		47	101	2	4	

Tableau 16 : Récapitulatif du dispositif de surveillance

V.6 RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE

Les paragraphes suivants synthétisent les principaux résultats obtenus.

V.6.1 ACIDE AMINO G

L'acide amino G a été injecté le 09/03/2016 à l'aven Vitalie, entre 13:10 et 13:40.

Le passage de l'acide amino G a été identifié à l'évent de Rives, aux sources Carrefour, Confluence (incertain : un seul résultat positif pour ce point) et Pracoutel. Tous les autres points de surveillance ont été négatifs ou jugés négatifs pour ce traceur. Pour consulter les résultats :

- Des fluorimètres GGUN, se reporter aux Annexe 17, Annexe 18, Annexe 19, Annexe 20 et Annexe 21 ;
- Des analyses d'échantillons d'eau par spectrométrie à luminescence, se reporter à l'Annexe 22.

Les courbes de restitution, obtenues après traitement des données enregistrées au fluorimètre à l'évent de Rives, et les résultats d'analyses des échantillons d'eau, sont présentés sur la Figure 84. Les principaux résultats sont également résumés dans le Tableau 25.

Sur la Figure 84, les résultats d'analyse sont représentés graphiquement par des points reliés entre eux par :

- un trait plein dans le cas de l'évent de Rives où les données du fluorimètre GGUN permettent de tracer avec certitude l'allure de la courbe de restitution, également dans le cas où les résultats d'analyse des échantillons d'eau peuvent être corrélés avec certitude entre eux ;
- un trait en pointillé dans le cas des sources de Carrefour, Pracoutel et Confluence où le manque d'échantillons ne permet pas de tracer avec certitude l'ensemble de l'allure de la courbe et en particulier le pic de restitution.

V.6.1.1 Passage du traceur

L'acide amino G injecté le 9 mars 2016 à l'aven Vitalie met un peu plus de 4,5 jours pour atteindre l'évent de Rives, 7 jours pour atteindre la source de Carrefour et entre 7 ou 9 jours pour arriver à la source de Pracoutel.

L'arrivée du traceur a pu être identifiée à l'évent de Rives grâce au fluorimètre et aux prélèvements automatiques, le 16/03, environ 4 jours et 20 heures après l'injection (1^{er} échantillon positif à l'AAG relevé le 14/03/2016 à 10:10 avec 203,2 µg/l → on peut supposer que le traceur est arrivé quelques heures avant). La vitesse d'arrivée du traceur, correspondant à la vitesse maximale est donc de 33 m/h. Le pic de concentration a été observé le 15/03 vers 16:00, soit 6 jour et 2 heures après l'injection. La vitesse au pic est de 26 m/h. Le dernier échantillon positif date du 19/03/2016 à 09:35, avec 214,2 µg/l. Un palier s'installe et la concentration en traceur se stabilise avant de diminuer à nouveau. La date de fin de passage est supposée le 23 mars mais non vérifiée.

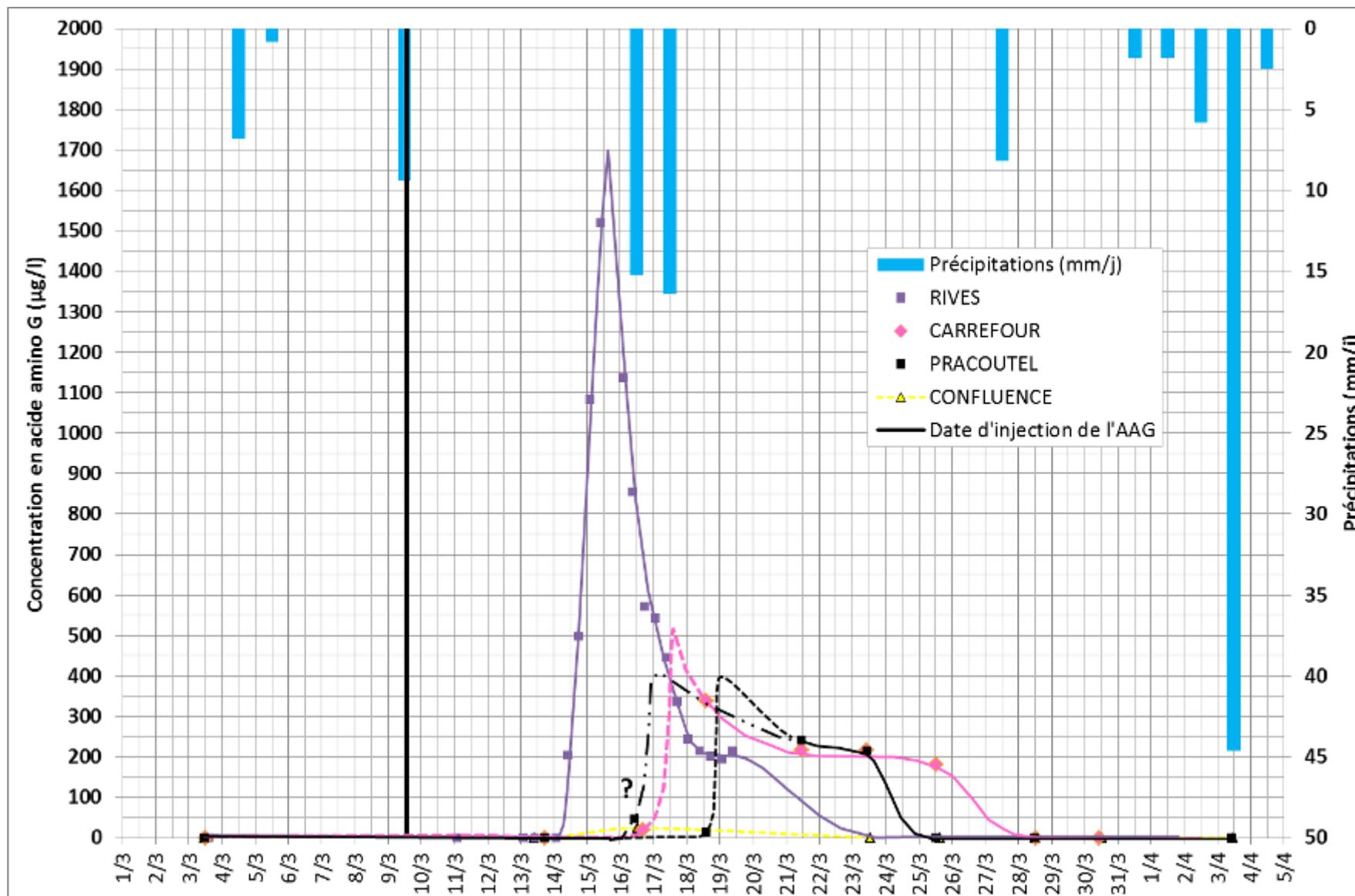


Figure 84 : Courbes de restitution de l'acide amino G

L'arrivée du traceur à la source Carrefour se traduit par un premier échantillon positif relevé au début du passage du traceur le 16/06/2016 à 16:45 à 19,13 µg/l, soit 7 jours et 3 heures après l'injection. La vitesse maximale est de 35 m/h. Le second échantillon positif est mesuré le 18/03/2016 à 14:00 avec 338 µg/l et se situe en fin de passage du traceur puisque la concentration diminue par la suite. Le pic de concentration est donc passé entre ces deux dates et a été interprété par la courbe en pointillé sur la Figure 84. Les concentrations mesurées entre le 21 et le 25 mars sont proches (autour de 200 µg/l), la concentration en AAG est stabilisée pendant au moins 4 jours. Le passage de l'AAG se termine entre le 25 et le 28 mars.

A la source de la Confluence, l'analyse d'un échantillon d'eau prélevé 16/03/2016 à 12:20 indique un résultat positif en AAG avec une concentration de 24,12 µg/l mais semble d'avantage lié à une contamination de l'Ibie par le traceur passé précédemment à l'événement Rives deux jours plus tôt et évacué par la rivière qu'à la sortie directe de l'AAG sur ce point de suivi. En effet, lors du prélèvement, il est possible que les eaux de l'Ibie se soient mélangées aux eaux de la source (événement pluvieux du 16/03). Etant donné le peu d'information à disposition sur ce point il n'est pas possible de conclure avec certitude du passage de l'AAG à la source de la Confluence.

A la source de Pracoutel, l'analyse d'un échantillon d'eau prélevé le 16/03/2016 à 12:45 indique un premier résultat positif en AAG avec une concentration de 46,02 µg/l. Les échantillons suivants ont été prélevés le 18/03/2016 à 14:00 avec une concentration de 12,4µg/l et le 21/03/2016 à 11:00 avec une concentration de 240 µg/l. Ce résultat pourrait signifier le passage du traceur en deux étapes, avec un 1^{er} pic le 16/03, ceci en lien avec l'épisode pluvieux du 16 au 17 mars.

Avec le peu d'échantillons à disposition, il est difficile de conclure au passage de deux pics d'AAG (le 16/03 et autour du 20/03, cf. Figure 84).

Une autre hypothèse serait que l'un des deux résultats (échantillon du 16/03 ou échantillon du 18/03) soit faussé. Dans ce cas, la courbe de restitution du traceur aurait l'une des deux allures tracées sur la Figure 84. Une arrivée du traceur le 16/06 traduirait une vitesse d'écoulement de 32 m/h et une arrivée le 18/03 de 29 m/h.

Devant l'incertitude sur le tracé de la courbe de restitution, il est difficile d'affirmer une date d'arrivée (16 ou 18 mars ?) et un pic du traceur. Les concentrations sont stabilisées entre le 21 et 23 mars à près de 225 µg/l.

Une phase de stabilisation en fin de passage du traceur est observée sur les 3 points d'eau positifs (Rives, Carrefour et Pracoutel). Ce comportement traduit la présence d'une zone de stockage (piège ?) relarguant le traceur de manière progressive.

Il est intéressant de noter que les vitesses d'arrivée du traceur sont similaires entre les trois sources (entre 32 et 35 m/h), ce qui indique un chemin d'écoulement identique passant par le réseau souterrain et non par réinfiltration de l'Ibie.

V.6.1.2 Masse de traceur restituée

La masse de traceur restituée a pu être calculée grâce aux mesures de débit réalisées sur les sources (cf. chapitre V.4.2.2).

Les valeurs de débit obtenues par jaugeage et les observations faites à l'évent de Rives (se reporter au chapitre V.4.2.2) ont été largement surestimées. En effet, le calcul de restitution donnerait des valeurs aberrantes (quantités de traceur supérieures à celles injectées). Cet écart est certainement dû à des apports d'eau souterrains de la rivière vers la section de jaugeage. Il n'est donc pas possible d'utiliser les relevés de débit sur ce point et de calculer la masse d'AAG restituée. Vu la courbe de restitution (détection et passage rapide), et l'absence de restitution sur d'autres points, on peut néanmoins affirmer que le traceur acide amino G injecté à l'aven Vitalie est passé en totalité à l'évent de Rives.

En considérant le débit de 20 l/s mesuré le 16/03 à la source de Carrefour par jaugeage au seau et la courbe de restitution donnée en Figure 84, on obtient 3,6 kg de traceur passés par ce point.

En considérant le débit de 40 l/s mesuré le 16/03 à la source de Pracoutel, par jaugeage au micromoulinet, on obtient entre 4,8 kg (courbe de restitution avec arrivée du traceur le 18/03, Figure 84) et 6,2 kg (courbe de restitution avec arrivée du traceur le 16/03) de traceur passés par ce point. Pour les mêmes raisons, il est donc également vraisemblable que la masse d'acide amino G diminuée de celle qui a pu s'échapper dans l'Ibie au niveau de l'évent de Rives, soit passée en quasi-totalité sur ces deux points de suivi supplémentaires.

	Source de Rives	Source Carrefour	Source Pracoutel
Date d'injection de l'AAG	09/03/2016 13:10 - 13:40		
Quantité de traceur injecté	10 kg		
Arrivée du traceur (vérifiée par un résultat d'analyse ou supposée par lecture graphique)			
date	14/03/2016 06:00	16/03/2016 16:45	-
temps écoulé depuis l'injection	4j 16h 20min	7j 3h 5min	-
vitesse maximale du traceur (m/h)	33	35	<i>[26 - 32]</i>
1er résultat d'analyse positif à l'AAG			
date	14/03/2016 10:00	16/03/2016 16:45	16/03/2016 10:27
temps écoulé depuis l'injection	4j 20h 20min	7j 3h 5min	6j 20h 45min
Pic de concentration (vérifié par un résultat d'analyse ou supposé par lecture graphique)			
date	15/03/2016 16:00	-	-
temps écoulé depuis l'injection	6j 2h 20min	-	-
vitesse au pic (m/h)	26	-	-
Fin de passage du traceur			
date	<i>23/03/2016</i>	<i>27/03/2016</i>	<i>25/03/2016</i>
temps écoulé depuis l'injection	<i>13j 10h</i>	<i>17j 10h 20min</i>	<i>15j 10h 20min</i>
vitesse minimale du traceur (m/h)	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>15</i>
concentration maximale mesurée (µg/l)	1519	338	240
distance à l'aven Vitalie (km)	3,8	5,92	5,55
masse de traceur restituée (kg)	-	3,6	[4,8 - 6,2]

Les résultats incertains du tableau sont indiqués en italique souligné.

Tableau 17 : Résultats du traçage à l'acide amino G injecté à l'aven Vitalie le 09/03/2016

V.6.2 FLUORESCÉINE

La fluorescéine a été injectée le 16/03/2016 entre 10:23 et 10:31 au ruisseau du Baravon en amont de la grande fracture NE-SW qui recoupe le ruisseau et aboutit à l'évent de Rives et de Marichard.

Comme l'acide amino G, le passage de la fluorescéine a été identifié à l'évent de Rives, aux sources de Carrefour, Confluence et Pracoutel. Les courbes de restitution réalisées à partir des données enregistrées au fluorimètre à l'évent de Rives et des résultats d'analyses des échantillons d'eau sont présentées sur la Figure 85. Les principaux résultats sont résumés dans le Tableau 27.

Pour consulter les résultats :

- Des fluo-capturs, se reporter à l'Annexe 16 ;
- Des fluorimètres GGUN, se reporter aux Annexe 17, Annexe 18, Annexe 19, Annexe 20 et Annexe 21 ;
- Des analyses par spectrométrie à luminescence, se reporter à l'Annexe 22.

Les résultats d'analyse sont représentés par un point et reliés entre eux par :

- un trait plein dans le cas de l'évent de Rives où les données du fluorimètre GGUN permettent de tracer avec certitude l'allure de la courbe de restitution, également dans le cas où les résultats d'analyse des échantillons d'eau peuvent être corrélés avec certitude entre eux ;
- un trait en pointillé dans le cas des sources de Carrefour, Pracoutel et Confluence où le manque d'échantillon ne permet pas de tracer avec certitude l'allure de la courbe de restitution.

V.6.2.1 Passage du traceur

La fluorescéine sort à l'évent de Rives dans la nuit du 18 au 19/03/2016. En effet, un premier échantillon positif à la fluorescéine est relevé le 19/03/2016 à 01:35, soit 2,5 jours après l'injection au ruisseau du Baravon, avec une concentration de 0,5 µg/l et une vitesse d'écoulement de 84 m/h. Le pic de restitution est observé le 19/03 vers 15:00, avec une vitesse de 69 m/h. L'échantillon du 19/03/2016 17:35 montre la concentration en fluorescéine la plus élevée mesurée à l'évent de Rives avec 17,9 µg/l qui reste une concentration assez faible. La concentration mesurée par le fluorimètre est nulle à partir du 26/03/2016, 9,5 jours après l'injection. La vitesse minimale du traceur est donc estimée à 23 m/h.

Les fluo-capturs placés aux sources "entre Rives et Marichard et à l'évent de Marichard sortent positifs et confirment le passage de la fluorescéine dans cette zone. Un fluo-captur installé sur l'Ibie en amont de la zone de sources et des analyses d'échantillons ont été négatifs à la fluorescéine. **Le passage de la fluorescéine à l'évent de Rives provient donc d'un écoulement souterrain et non d'apports en provenance de la rivière.**

Le passage rapide de la fluorescéine n'a pas permis de définir avec certitude les différentes étapes de passage (arrivée, pic, fin) du traceur aux sources de Carrefour, Confluence et Pracoutel qui n'ont été suivies que par des échantillonnages manuels. Pour la source de la Confluence, seule la partie

descendante de la courbe de restitution a pu être tracée. Les échantillonnages sur ces 3 points n'ont en effet pu être réalisés que tous les 3 à 7 jours.

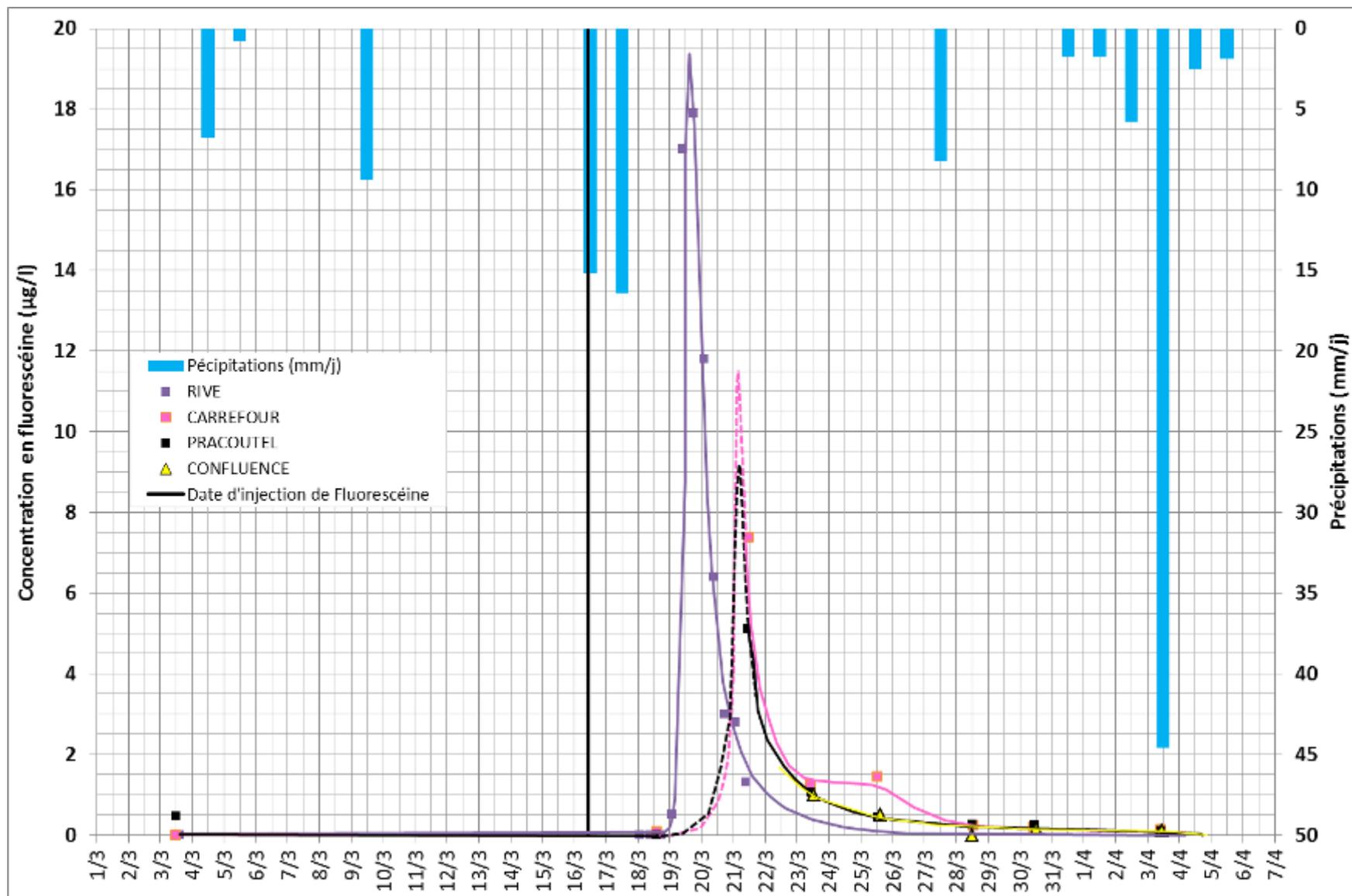


Figure 85 : Courbe de restitution de la fluorescéine aux sources de Rives, Carrefour, Confluence et Pracoutel

Un premier échantillon positif à la fluorescéine a été prélevé le 18/03/2016 à 14:00 à la source de Carrefour, avec une concentration de 0,09 µg/l. Nous pouvons émettre un doute sur la validité de ce résultat qui induit une vitesse d'écoulement de 149 m/h (paraissant excessive) et signifierait que le traceur est arrivé à la source de Carrefour avant d'arriver à l'évent de Rives qui se trouve bien plus proche du site d'injection. Le pic de restitution est supposé comme représenté sur la Figure 85 en reprenant l'allure de la courbe de restitution à l'évent de Rives. L'arrivée et le pic de restitution du traceur se situent entre le 18/03 et le 21/03 où la concentration en fluorescéine a été mesurée à 7,37 µg/l sur un échantillon d'eau prélevé à 11:10. La concentration mesurée se stabilise entre le 23 et le 26 mars, traduisant une restitution progressive de la fluorescéine qui aurait transité par une zone de stockage (piège). Le traceur est toujours reconnu le 03/04, à 0,13 µg/l, soit près de 18 jours après l'injection.

A la source de Pracoutel, le pic de restitution est supposé comme représenté sur la Figure 85, en reprenant l'allure de la courbe de restitution à l'évent de Rives. L'arrivée et le pic de restitution du traceur se situent entre le 18/03 et le 21/03 où la concentration en fluorescéine a été mesurée à 5,11 µg/l sur un échantillon d'eau prélevé à 11:00. Le traceur est toujours reconnu le 03/04, à 0,11 µg/l, soit près de 18 jours après l'injection.

Les concentrations en fluorescéine à la source de la Confluence ont été mesurées entre 0,11 et 1 µg/l, avec un premier échantillon positif le 23/03. Aucun prélèvement antérieur qui aurait permis de définir l'arrivée et le pic de restitution n'a été effectué. Le traceur est toujours mesuré le 3 avril.

Les fluo-capteurs installés aux sources du Pont de la Combe et de Confluence sont positifs à la fluorescéine. Ils ont cependant été aperçus à plusieurs reprises dans le cours de l'Ibie à cause de la montée des eaux. Les analyses sur la source de la Confluence sont positives mais négatives à la source du Pont de la Combe. Il est donc fort probable pour ce dernier que le fluo-capteur ait été contaminé par les eaux de l'Ibie. En effet, la fluorescéine est sortie le 18/03 à l'évent de Rives et a rejoint le cours de l'Ibie.

La fluorescéine est passée beaucoup plus rapidement que l'acide amino G, le traceur a sans doute été drainé très rapidement par la fracture qui recoupe le vallon du Baravon et aboutit à l'évent de Rives.

V.6.2.2 Masse de traceur restituée

Les valeurs de débit obtenues par jaugeage et observations à l'évent de Rives (se reporter au chapitre V.4.2.2) ont été largement surestimées, comme indiqué précédemment. Il n'est donc pas possible d'utiliser les relevés de débit sur ce point pour calculer la masse de fluorescéine restituée.

En considérant le débit de 20 l/s mesuré le 16/03 à la source de Carrefour par jaugeage au seau et la courbe de restitution donnée en Figure 85., on obtient 32 g de traceur passés par ce point.

En considérant le débit de 40 l/s mesuré le 16/03 à la source de Pracoutel, par jaugeage au micromoulinet, on obtient 47 g (courbe de restitution tracée en Figure 85.) de traceur passés par ce point.

La masse totale cumulée restituée aux sources de Carrefour et Pracoutel est donc de 79 g soit seulement 1,58 % de restitution. La fluorescéine n'a sans aucun doute pas non plus été complètement restituée à l'événement de Rives.

Une grande partie de la fluorescéine a en effet été emportée par le Baravon puis l'Ibie. Il est impossible de savoir non plus si une partie du traceur a pu transiter vers la zone noyée supposée être située en basse vallée de l'Ibie en amont des événements de Rives et de Marichard.

	Source de Rives	Source Carrefour	Source Pracoutel	Source de la Confluence
Date d'injection de la fluorescéine	16/03/2016 10:23 à 10:31			
Quantité de traceur injecté	5 kg			
Arrivée du traceur (vérifiée par un résultat d'analyse ou supposée par analyse graphique)				
date	19/03/2016 01:35	<u>20/03/2016</u>	<u>20/03/2016 12:00</u>	-
temps écoulé depuis l'injection	2j 15h 4min	<u>3j 13h 30min</u>	<u>4j 1h 30min</u>	-
vitesse maximale du traceur (m/h)	84	<u>89</u>	<u>87</u>	-
1er résultat d'analyse positif à la fluorescéine				
date	19/03/2016 01:35	18/03/2016 14:00	21/03/2016 11:00	23/03/2016 12:40
temps écoulé depuis l'injection	2j 15h 5min	2j 3h 30min	5j 30min	7j 2h 9min
Pic de concentration (vérifié par un résultat d'analyse ou supposé par analyse graphique)				
date	19/03/2016 15:00	<u>21/03/2016</u>	<u>22/03/2016</u>	-
temps écoulé depuis l'injection	3j 4h 30min	<u>4j 13h 30min</u>	<u>4j 13h 30min</u>	-
vitesse au pic (m/h)	69	<u>70</u>	<u>70</u>	-
Fin de passage du traceur				
date	<u>26/03/2016</u>	<u>04/04/2016</u>	<u>04/04/2016</u>	<u>04/04/2016</u>
temps écoulé depuis l'injection	<u>9j 13h 30min</u>	<u>14j 12h</u>	<u>14j 12h</u>	<u>14j 12h</u>
vitesse minimale du traceur (m/h)	<u>23</u>	<u>17</u>	<u>17</u>	<u>17</u>
concentration maximale mesurée (µg/l)	17,9	7,37	5,11	1
distance au Ruisseau du Baravon (km)	5,3	7,65	7,4	7,65
masse de traceur restituée (kg)	-	<u>0,032</u>	<u>0,047</u>	-

Les résultats incertains du tableau sont indiqués en italique souligné.

Tableau 18 : Résultats de du traçage à la fluorescéine injectée au ruisseau du Baravon

V.7 CONCLUSIONS

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques de ce traçage ont été favorables pour l'injection d'acide amino G puisque les faibles précipitations du 9 mars (9,4 mm) ont pu faciliter la circulation du traceur vers le réseau karstique au moment de l'injection. En revanche, les pluies survenues le 16/03 au moment de l'injection de la fluorescéine, conjuguées à un écoulement encore important du Baravon et à l'absence de pertes totales au droit de la grande fracture qui le recoupe ont été moins favorables et ont :

- accéléré le passage de la fluorescéine sur les points de restitution.
- évacué une grande partie du traceur vers le milieu superficiel.

Résultats du traçage

10 kg d'acide amino G ont été injectés le 9 mars 2016, entre 13:10 et 13:40, à l'aven Vitalie à -70m. 5 kg de fluorescéine ont été injectés le 16 mars 2016 entre 10:23 et 10:31, à l'amont de la grande fracture qui recoupe le ruisseau du Baravon et passe à l'aval par les événements de Rives et de Marichard.

L'acide amino G a mis un peu plus de 4 jours (et un peu moins de 20 h) pour atteindre l'événement de Rives, 7 jours 3 h pour atteindre la source de Carrefour et entre 7 ou 9 jours pour arriver à la source de Pracoutel. Les vitesses d'arrivée du traceur sont similaires entre les trois sources (entre 32 et 35 m/h) et indiquent un chemin d'écoulement identique par le réseau souterrain.

Un échantillon d'eau prélevé à la source de la Confluence indique un résultat positif en AAG avec une concentration de 24,12 µg/l mais semble d'avantage lié à une contamination de l'Ibie par le traceur passé à l'événement de Rives deux jours plus tôt et évacué par la rivière. Il est possible que les eaux de l'Ibie se soient mélangées aux eaux de la source (événement pluvieux du 16/03) lors du prélèvement, ce qui ne prouve donc pas de lien entre ce point et l'injection à l'aven Vitalie.

Une phase de stabilisation en fin de passage de l'AAG est observée sur les 3 points d'eau positifs (Rives, Carrefour et Pracoutel). Ce comportement traduit le piégeage partiel du traceur et son relargage progressif.

La fluorescéine sort également à l'événement de Rives 2 jours et 15 h après l'injection au ruisseau du Baravon, avec une vitesse d'écoulement de 84 m/h. L'événement pluvieux survenu entre le 16 et le 17 mars a probablement accéléré le passage du traceur. Le pic de restitution est arrivé avec une vitesse de 69 m/h.

Un fluo-captteur installé sur l'Ibie en amont de la zone de sources et des analyses d'échantillons ont été négatifs à la fluorescéine. Le passage de la fluorescéine par l'événement de Rives provient donc d'un écoulement souterrain et non d'apports en provenance de la rivière.

La fluorescéine est également restituée aux sources de Carrefour, Confluence et Pracoutel mais le passage rapide du traceur n'a pas permis de le caractériser (arrivée, pic, fin) et de tracer une courbe de restitution complète.

De manière similaire, à l'acide amino G, la concentration en fluorescéine mesurée à la source de Carrefour se stabilise entre le 23 et le 26 mars, traduisant une restitution progressive de la fluorescéine qui aurait été partiellement piégée. Le traceur est toujours reconnu le 03/04, aux sources de Carrefour, Confluence et Pracoutel, soit près de 18 jours après l'injection.

La fluorescéine est passée beaucoup plus rapidement que l'acide amino G suite à l'épisode pluvieux du 16 au 17 mars (31,6 mm) et montre bien le rôle de drain essentiel joué par la grande fracture sur ce secteur. Le cheminement de l'AAG est sans aucun doute différent entre l'aven Vitalie et l'approche de la vallée.

Aucun des deux traceurs injecté n'a été détecté dans le secteur du Tiourre (Puits de Mezenc, Source du Tiourre, captage du Tiourre et Event de l'Ibie) et sur le secteur du Bœuf (sources du Bœuf, captage du Bœuf). **Au vu des résultats, ces deux zones semblent situées en dehors du système "Vallée de l'Ibie". La relation karstique entre les deux rives de l'Ardèche au droit des captages du Bœuf reste à démontrer.**

Aucune trace du passage des traceurs n'a également été mesurée à l'aven des Fées, à la source du pont de la combe, à la grotte des tunnels et surtout au forage Divol.

L'absence de restitution au forage de M. Divol peut être expliquée de la manière suivante :

- le forage capte un réseau secondaire aux grandes fractures Nord 30-35° qui recoupent la montagne du Montingrand, il est situé sur un secteur moins transmissif ;
- le GGUN installé au fond du forage n'a pas détecté les traceurs ce qui tend à confirmer les résultats obtenus par BURGEAP en 1991, c'est-à-dire des circulations qui seraient plutôt localisées dans ce secteur au sommet des calcaires à priori recoupés par l'ouvrage et pas en profondeur, donc sur la frange superficielle du forage. L'absence de coupe géologique et technique du forage ne permet pas d'étayer cette hypothèse : présence d'une cimentation ? position des crépines ?).
- Les deux échantillons prélevés en surface et analysés en AAG dans la période du passage du traceur à l'évent de Rives et sur les sources de Carrefour et Pracoutel sont :
 - l'échantillon du 16/03, quand l'AAG passait à l'évent de Rives et ne pouvait donc pas être observée à ce moment-là sur le forage de M. Divol ;
 - l'échantillon du 23/03, alors que le traceur était déjà passé aux sources de Carrefour et Pracoutel situées en aval du forage de M. Divol.

On ne peut néanmoins pas complètement affirmer que les traceurs ne sont pas passés au droit de ce forage, au niveau de sa frange superficielle.

Masses de traceurs restituées

Avec des valeurs de débit surestimées lors des jaugeages sur les sorties de l'évent de Rives, il n'a pas été possible de calculer de masse de traceurs restituée pour ce point de suivi. Nous estimons néanmoins cette restitution < 10%.

En considérant le débit de 20 l/s mesuré le 16/03 à la source de Carrefour par jaugeage au seau et les courbes de restitution reconstituées, on obtient 3,6 kg d'AAG et 32 g de fluorescéine passés par ce

point. La mesure du débit à 20l/s avec un simple seau de 20 litres est sans aucun doute entachée d'erreur.

En considérant le débit de 40 l/s mesuré le 16/03 à la source de Pracoutel, par jaugeage au micromoulinet et les courbes de restitution définies en Figure 84 et Figure 85, on obtient entre 4,8 kg et 6,2 kg d'AAG et 47 g de fluorescéine passés par ce point.

Malgré les incertitudes ou défauts de calcul liés aux mesures de débit, les résultats du traçage indiquent que la très grande majorité voire la totalité de l'acide amino G injectée à l'Aven Vitalie a sans aucun doute été restituée en aval à l'évent de Rives puis a transité vers les sources de Carrefour et Pracoutel, tandis qu'une très faible quantité de fluorescéine (quelques grammes seulement) a été restituée sur ces mêmes points de suivi.

Le déficit de masse de fluorescéine est lié essentiellement au fait qu'une très grande partie du traceur a été évacuée par le cours d'eau jusqu'à l'Ibie. On ne peut pas néanmoins écarter le fait que cette partie du traceur ait pu rejoindre ensuite le réseau karstique par des pertes sur l'Ibie.

Organisation du réseau karstique (Figure 86 et Figure 87)

La fluorescéine et l'acide amino G ont rejoint l'évent de Rives puis les sources de Carrefour et Pracoutel par le réseau souterrain et ceci de manière très rapide. A l'extrême sud de la basse vallée de l'Ibie, ces trois points d'eau temporaires fonctionnent donc bien comme de véritables trop-pleins du système et sont localisés sur l'axe de grandes fractures qui recoupent la montagne du Montingrand. Notons en effet qu'aucun écoulement n'a été observé sur ces trois points au mois de Juillet.

Entre ces fractures, il n'est pas certain que le drainage soit aussi efficace ou existe tout simplement ; les circulations d'eau se feraient alors plutôt en sous-alluvial ou au sommet des calcaires quand ceux-ci sont recouverts par les formations du Turonien et du Coniacien.

La présence de la zone noyée n'est donc pas avérée sur ce secteur sud (zone des campings), il faut sans doute la rechercher plus en amont, au nord des événements de Rives et de Marichard.

La mise en œuvre d'un essai multi-traçage en conditions de basses eaux pour accéder à certains plans d'eau présents notamment à la grotte de la vieille et à la grotte du Raid apparaît donc comme fortement nécessaire.

Le renforcement du dispositif reefnet mis en place pour 1 an est également une condition importante pour tenter d'analyser les réactions de ces plans d'eau supplémentaires face aux événements pluvieux.

Enfin, la mise en œuvre de jaugeages sérieux et de traçages sur les pertes karstiques de l'Ibie est également fondamentale pour vérifier les interactions potentielles entre l'Ibie et le karst.

Concernant la délimitation du système

L'acide Amino G n'a pas été retrouvée à la source du Tiourre ni au puits de Mézenc, confirmant que ces points d'eau n'appartiennent pas à l'unité aquifère de la Vallée de l'Ibie.

Aucune relation entre le secteur du Bœuf (captage AEP et sources) n'a été prouvée avec l'unité aquifère puisqu'aucun des deux traceurs n'y a été observé. Ces derniers ont en effet été évacués du système avant de rejoindre les rives de l'Ardèche.

La restitution rapide des deux traceurs montre que la zone noyée n'est pas présente sur le plateau et jusqu'à sa base, mais qu'elle se limiterait de part et d'autre du cours de l'Ibie et probablement dans le secteur où les calcaires sont recouverts par les formations du Cénomaniens.

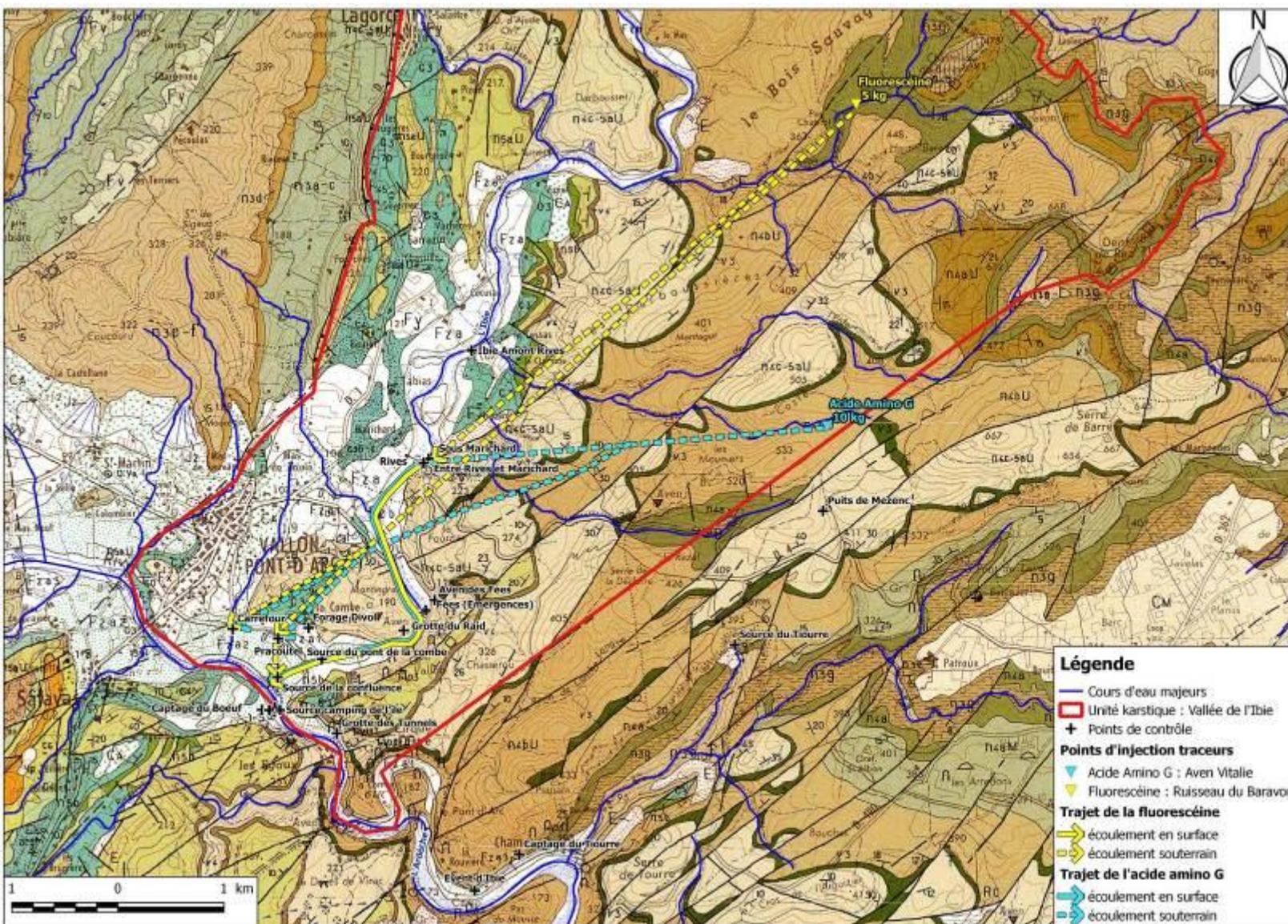


Figure 86 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs

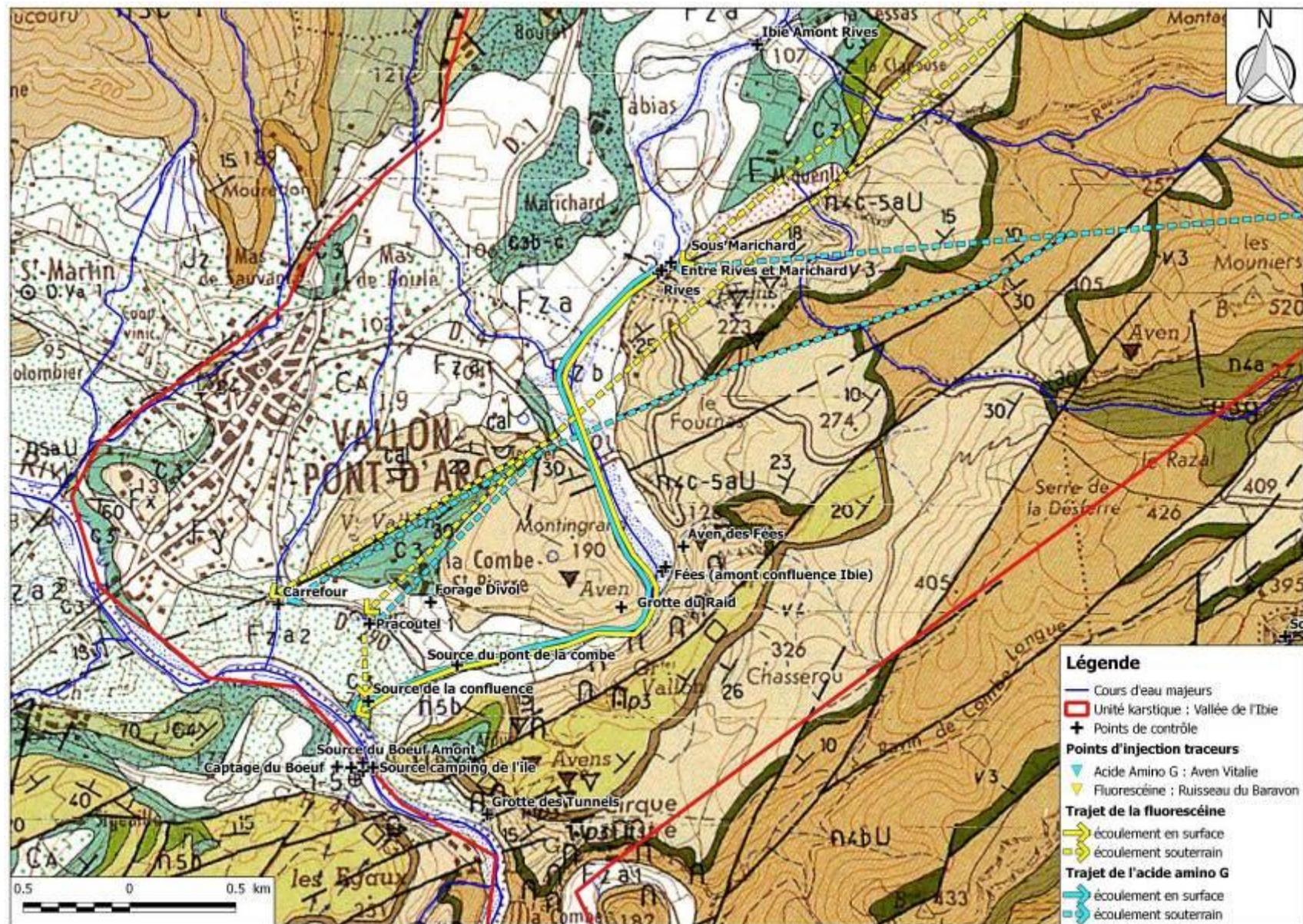


Figure 87 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs (zoom)

VI TRACAGE HYDROGEOLOGIQUE SUR LE SECTEUR DE SAINT-ALBAN-AURIOLLES

VI.1 INTRODUCTION

Le système aquifère « Saint Alban Auriolles » (Figure 88) est caractérisé par un vaste affleurement calcaire jurassique. Ce système s'étend principalement sur les territoires communaux de Chandolas et Saint Alban Auriolles, mais aussi sur les communes de Les Assions, Berrias et Casteljau, Joyeuse et Lablachère.

Hormis les cours d'eau cités ci avant qui l'encadrent, ce secteur est parcouru uniquement par des ruisseaux temporaires.

Le système Saint Alban a une surface d'environ 40 km² constituée majoritairement à l'affleurement par des calcaires du Jurassique supérieur. La structure générale de ce système karstique est un monoclin avec un pendage assez monotone de 5 à 10° vers le sud-est. Les calcaires jurassiques s'enfoncent ensuite au niveau du Chassezac au sud-est de notre système sous les marnes valanginiennes.

La faille de Païolive constituerait à l'ouest une barrière a priori imperméable.

Historiquement, Pascal (1970) avait défini 3 aquifères distincts dans ce secteur :

- Coudon au sud-ouest,
- Auriolles au nord-est,
- Saint Alban dans la partie centrale.

Il insistait sur le caractère perché de cette karstification et l'absence d'aquifère karstique au niveau des affleurements berriasiens.

Ce secteur a fait l'objet d'avancées récentes sur la connaissance des réseaux pénétrables. Les spéléologues progressent sur les liaisons et ont surtout mis en évidence des sources temporaires de trop-plein y compris dans la sous-zone berriasienne où la karstification semble également conditionnée par les grandes fractures.

Sur tout le système, les orientations des réseaux pénétrables sont clairement dictées par les grandes directions des fractures, qui sont jalonnées en surface par des pertes et des sources temporaires. La karstification de la sous-zone berriasienne semble également conditionnée par les grandes fractures.

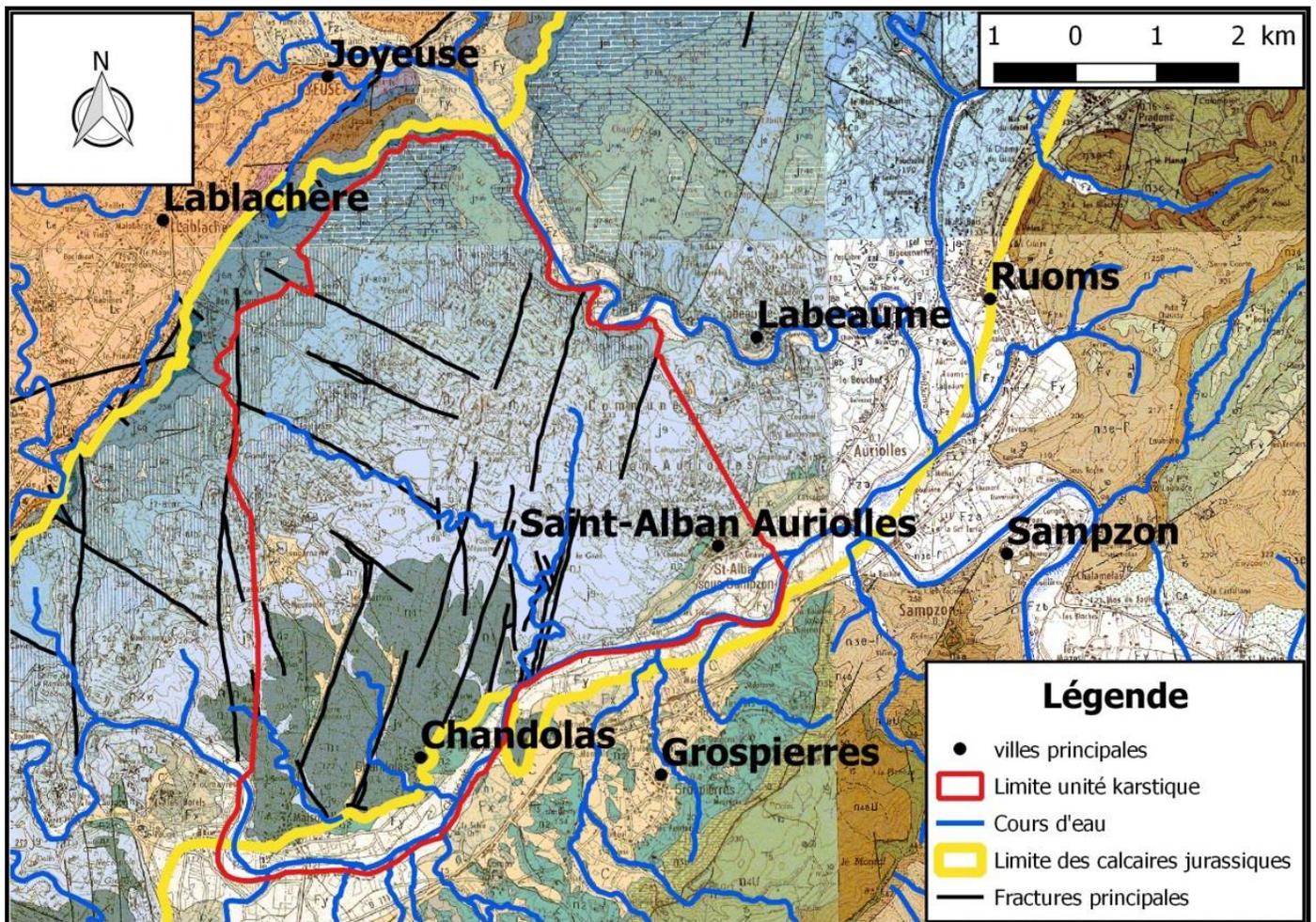


Figure 88 : Localisation géographique de l'unité karstique « St-Alban-Auriolles »

Sur ce secteur, 3 stages de master de l'Université de Montpellier se sont succédés (Fontanel 2012 – Poulin 2014 et Palumbo 2015). Ils ont permis de dresser le contexte hydrogéologique, d'inventorier les points d'eau et de tenter d'interpréter des chroniques d'enregistrement de température, conductivité de l'eau et niveau de certaines sources (sources de Fontgraze, Bourbouillet, La Douce, Tirbirou, Puits Pelouse et Ranc d'Avène), sans oublier des jaugeages sériés de la Beaume et du Chassezac, l'analyse d'éléments traces et la réalisation d'un profil température - conductivité sur le Chassezac.

Dans le cadre de l'étude des ressources stratégiques du bassin de l'Ardèche, nous avons fait des investigations complémentaires sur le Chassezac durant l'été 2015, ce qui a permis de mettre en évidence un site d'émergences karstiques diffuses sous le lit du Chassezac (débit estimé par jaugeages du Chassezac) à environ 200 m³/h, à l'aval de la source temporaire du Ranc d'Avène.

Le rapport de traçage de 1988 à partir des pertes de Maisonneuve n'a pu être retrouvé pour l'instant. La relation hydraulique pertes de Maisonneuve – ruisseau des Fontaines n'est pas remise en cause mais les conditions de transfert d'amont en aval restent floues et la part provenant du kart de Saint Alban est inconnue.

Les récentes avancées spéléologiques (Serret) sur le secteur tendent à montrer que les réseaux karstiques se sont principalement développés selon des grandes directions de fractures induisant une direction d'écoulement générale vers le sud-est avec une composante vers le sud. Les spéléologues constatent des écoulements permanents dans certaines cavités, des liaisons avec des émergences de trop-plein et quelques rares sources permanentes en rive gauche du Chassezac. Enfin certains réseaux montrent des siphons.

Les spéléologues nous ont transmis des enregistrements de niveau et température réalisés dans le même réseau karstique dit des Shadocks (Figure 89). Il est donc logique que les variations soient proches d'un site à l'autre. On note toutefois des mises en charge importantes sur le siphon aval (près de 20 m). Les pics de crue sont associés à des pics négatifs de température.

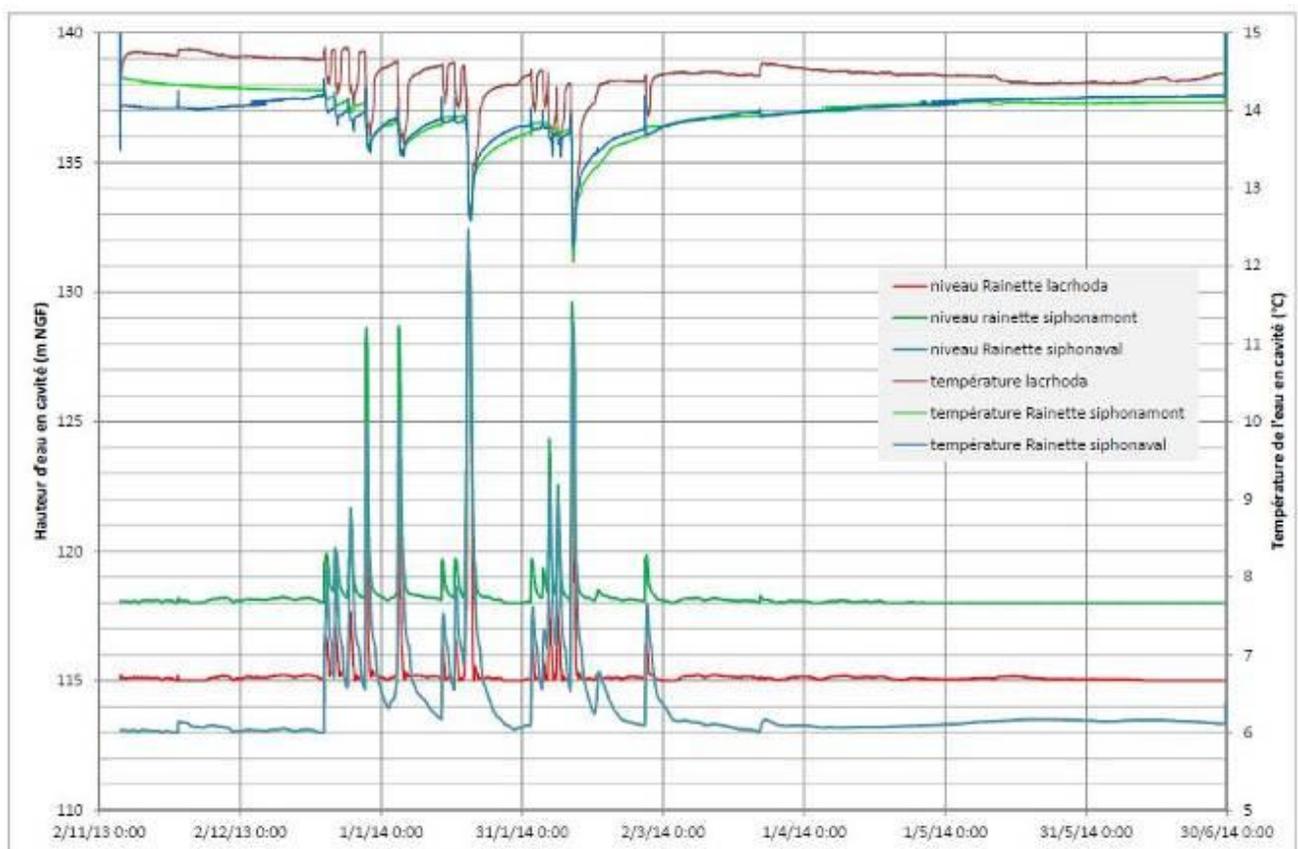


Figure 89 : évolution des niveaux d'eau et des températures de l'eau enregistrés par le CDS07 dans le réseau karstique de la Reinette entre novembre 2013 et juin 2014

Ce réseau des Shadocks où des extensions ont été découvertes récemment comporte plusieurs branches non explorées avec des possibilités d'alimentation complémentaire au réseau amont connu.

Le système karstique « Saint Alban » a aujourd'hui comme niveau de base le Chassezac (Figure 90). Cependant certains réseaux karstiques, la présence de sources sortant sous le fil d'eau du Chassezac et le recoupement d'une cavité à 70 m de profondeur dans un forage AEP du SEBA montrent que les réseaux karstiques se sont développés sous le niveau de base actuel, laissant présager de réserves noyées potentiellement intéressantes.

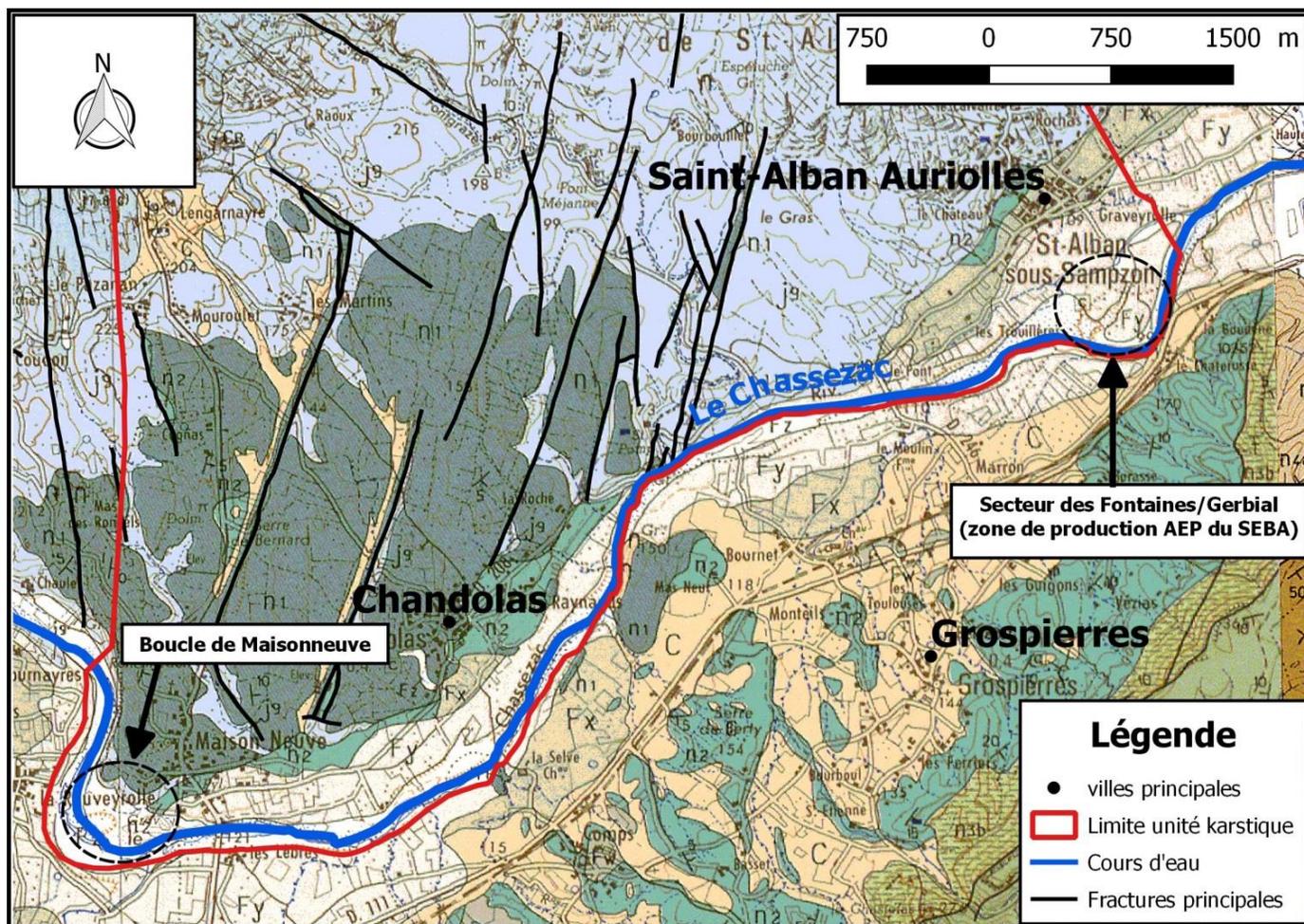


Figure 90 : Carte de présentation de la zone aval de l'unité karstique de Saint-Alban Auriolles

Les réseaux karstiques connus actuellement se situeraient plutôt dans la zone épinoyée, avec des mises en charge alimentant des sources de trop-plein ; les exutoires permanents seraient masqués par les dépôts alluviaux du Chassezac.

Dans ce secteur, il faut noter qu'historiquement le Chassezac séchait en amont de Maisonneuve et se remettait en eau au niveau du village de Saint Alban. Ceci a été étudié à la fin des années 1980. Depuis, le débit du Chassezac est soutenu en période estivale grâce au barrage de Puylaurent.

Les débits très importants des sources dans le secteur des Fontaines à Saint Alban Auriolles ont été attribués aux pertes du Chassezac depuis l'étude de la fin des années 1980. Cependant les résultats de ce traçage ne permettent pas de quantifier un éventuel apport du karst de Saint Alban, le suivi ayant été fait au fluocapteur avec une seule dose positive de concentration très faible.

La question d'une importante zone noyée dans le système karstique de Saint Alban reste donc posée.

De plus, mises à part les investigations menées ces dernières années par l'association Païolive (via les stages Masters de l'Université de Montpellier) et par les spéléologues, le fonctionnement hydrogéologique du karst de St-Alban n'a rarement été étudié dans sa globalité.

VI.2 APPORT DES TRAÇAGES PASSÉS

Plusieurs expériences de traçages ont été mises en œuvre sur ce système karstique (Figure 91) :

- Réméjadou => Bourbouillet

Pascal, 1970 : en 1969, injection de 400g de fluorescéine au Réméjadou, coloration de la source de Bourbouillet 12h après, soit une vitesse de l'ordre de 70 m/h.

- Perte du ruisseau du Bois de la Blachère => résurgence de la Blachère

Pascal, 1970 : le 6/01/1970, injection de 80-100g de fluorescéine dans une perte du ruisseau du Bois de la Blachère, coloration de la résurgence située 450 m plus au sud.

- Pertes du Chassezac à Maisonneuve => source de Chamrousset et ruisseau des Fontaines

Géo+, 1988 : Dans le cadre de l'étude des pertes du Chassezac, il a été démontré qu'en dessous de 1,5 m³/seconde, le Chassezac disparaît entièrement dans son propre lit en amont du pont de Maisonneuve, qu'il reste sec sur 8 km pour enfin réapparaître dans la zone de résurgences du secteur des Fontaines à Saint Alban Auriolles. Le ruisseau des Fontaines représente à lui seul un peu plus de 50% du débit des pertes. Le 21/09/1988, 3kg de fluorescéine ont été injectés. Ce traçage a mis en évidence une relation hydraulique entre les pertes du Chassezac en amont du pont de Maisonneuve, et la source de Chamrousset et le ruisseau des Fontaines avec toutefois une seule valeur tout juste supérieure au seuil de détection. Le traceur n'est pas détecté à l'aven de Fontenille (situé au sud-ouest de Chandolas).

- Event des Cascades => Event des Cascades

Serret : le 21/12/2008, injection de fluorescéine à l'évent des Cascades qui met en relation les deux orifices après quelques minutes.

- Siphon S1 du Tirbirou => aven du Ranc Belu

Serret : le 3/04/2010, injection de fluorescéine dans le siphon S1 du Tirbirou qui colore en quelques minutes l'aven du Ranc Belu.

- Perte des Raoux => Puits Pelouse

Serret, date inconnue : injection dans la perte des Raoux, coloration de puits Pelouse.

- Event des Cascades => Tirbirou

Poulin, 2014 : le 19/03/2014 à 13h10, injection de 200g de fluorescéine à l'Event des Cascades, pic de fluorescéine enregistré au fluorimètre dans le siphon actif de Tirbirou le 23/03/2014 à 7h50 avec une concentration maxi faible (0,5 ppb), vitesse apparente de 14m/h, restitution estimée de 7g soit 3%! Conclusion le Tirbirou n'est pas l'exutoire principal de l'Event des Cascades.

- Reinette => Puits Pelouse et Ranc d'Avène

Poulin, 2014 : le 19/03/2014, injection de 1kg de sel (NaCl) dans le siphon aval de la Reinette. Puits Pelouse, petit pic de conductivité de 6 μ S/cm enregistré, possible passage du sel à 12 m/h sans pouvoir l'affirmer mais habituellement une crue s'accompagne d'un pic négatif de conductivité. Source de Ranc d'Avène, double pic de conductivité de 30 μ S/cm avec vitesse apparente calculée de 5 m/h.

- Reinette => Ranc d'Avène

Jolivet et Van Den Broeck, 2015 : en septembre 2015, injection de 1kg de fluorescéine dans le siphon amont et 300g de fluorescéine dans le siphon aval de la Reinette, courbe de restitution avec double pic enregistrée à la source du Ranc d'Avène.

On peut signaler également les relations connues grâce aux explorations spéléologiques suivantes :

- La grotte GS2 en lien avec la grotte du Gadret ;
- L'aven du Ranc du Bœuf avec l'aven du Réméjadou et donc Bourbouillet ;
- L'aven des Espeluches avec l'évent des Espeluches ;
- L'aven de Font Gras avec Tirbirou ;
- Les amonts de la Reinette avec le trou de la Reinette et le trou des Shadocks ;
- L'ancien captage AEP du Ranc d'Avène avec la source du Ranc d'Avène ;
- La source de Qesako avec Puits Pelouse ;
- La grotte de Douce Paulette avec la source de Font La Douce.

Enfin, il a été établi lors des pompages d'essai effectués sur les deux forages de Gerbail que l'aquifère exploité par ces forages avait pour exutoire naturel un grand nombre de sources dans le secteur des Fontaines drainé par le ruisseau éponyme et le Chassezac (sources en rive droite et rive gauche).

Les spéléologues ont également remarqué à plusieurs reprises que Font la Douce devenait émissive alors que le débit des autres émergences du secteur restait identique, et que ceci coïncidait avec une crue de la Beaume. En période de crue, la Beaume participerait donc à l'alimentation du réseau karstique donnant naissance à Font la Douce.

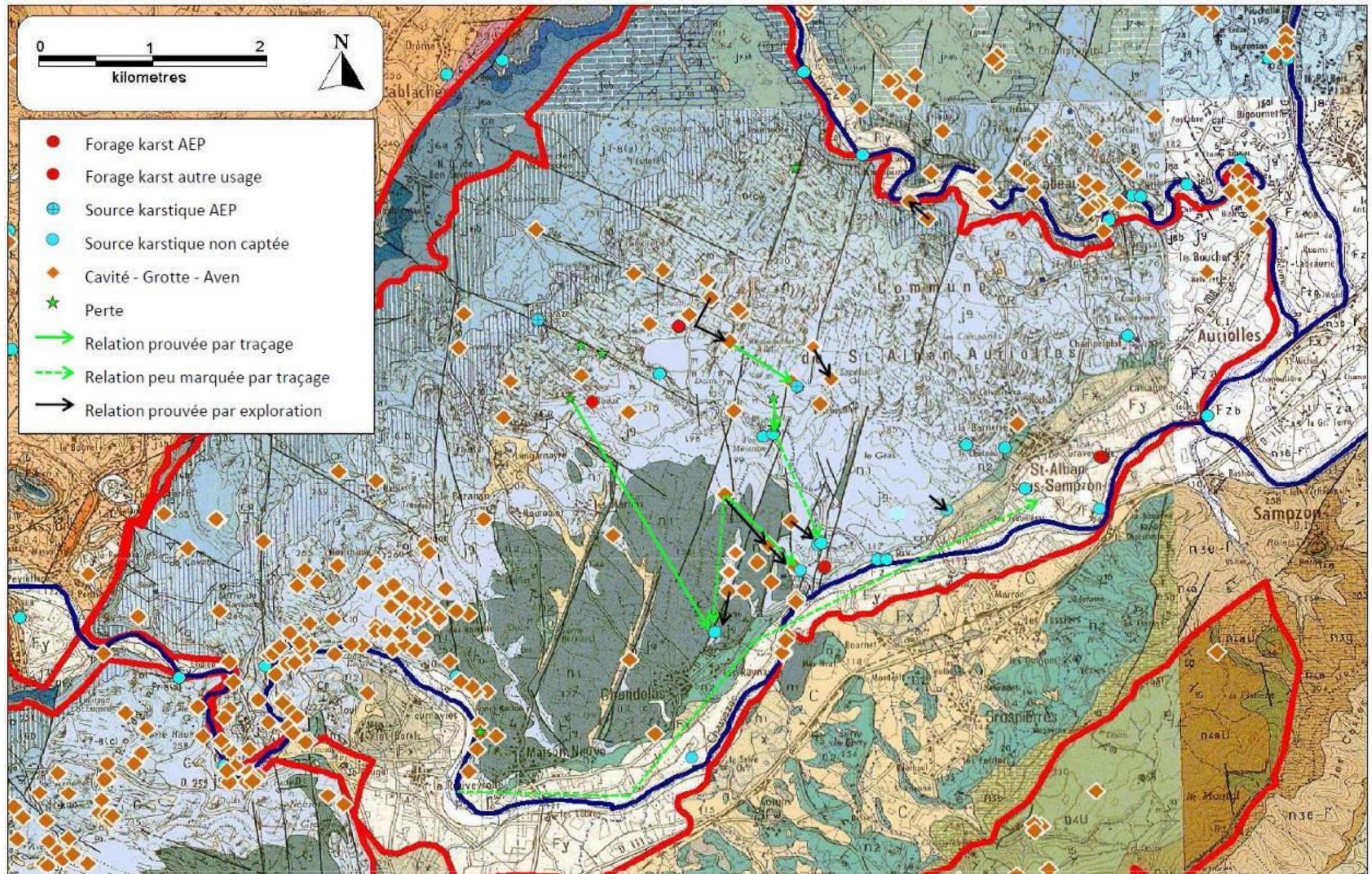


Figure 91 : récapitulatif des traçages positifs réalisés entre 1969 et 2015 sur le système Saint Alban

VI.3 OBJECTIF DU TRAÇAGE « SAINT-ALBAN-AURIOLLES » MAI – JUIN 2016

Les traçages réalisés jusqu'à ce jour ont permis de mettre en évidence des relations hydrauliques, mais sans suivi des courbes de restitution la plupart du temps ; ces traçages n'apportent de ce fait, aucune information sur la présence d'une zone noyée au-delà du réseau Réméjadou - Bourbouillet.

Le secteur des Fontaines sous le village de Saint Alban Auriolles est le lieu de remise en eau du Chassezac lorsqu'il se perdait totalement à Maisonneuve.

Le traçage depuis les pertes de Maisonneuve donne des résultats partiels (un seul fluocapteur positif avec une dose extrêmement faible) et aucunement sur le drain karstique et la possible présence d'une zone noyée ; il ne donne aucune indication sur les potentialités du système de Saint Alban. On notera que le gradient depuis les pertes de Maisonneuve est très faible jusqu'à Saint Alban et que l'épaisseur de la zone noyée pourrait être assez importante.

La source de Font la Douce répondrait en débit à une crue de la Beume, permettant de s'interroger sur l'alimentation d'une partie au moins de l'aquifère karstique de Saint Alban par une perte de la Beume, perte aujourd'hui non connue.

Les récentes découvertes spéléologiques et la présence connue depuis l'été 2015 d'une source sous le fil d'eau du Chassezac à l'aval de la source temporaire du Ranc d'Avène posent des questions sur le fonctionnement de ce secteur.

Il s'agit donc de :

- prouver l'existence de possibles pertes de la Beume dans la traversée des gorges (suivi niveau par des sondes "reefnet" et jaugeages en amont et en aval des gorges) ;
- préciser les points de passage et/ou des eaux infiltrées sur l'impluvium calcaire en rive gauche du Chassezac ;
- comprendre le fonctionnement de l'écoulement souterrain depuis les pertes du Chassezac vis-à-vis des différents exutoires connus dans la partie aval du bassin du Chassezac (Fontenille, Puits Pelouse, Ranc d'Avène, Ruisseau des Fontaines, Font la Douce, Forages de Gerbial...)
- préciser les points de passage et/ou de sortie des eaux infiltrées depuis la rive droite de la Beume ; et si possible tracer une limite sur le massif calcaire de St-Alban afin de délimiter les écoulements en lien avec la Beume et le karst d'Auriolles du reste des écoulements situés sur le massif calcaire (Réméjadou – Bourbouillet...)
- confirmer la présence d'une importante zone noyée et si possible l'identification de ses limites.

Ce multi-traçage s'inscrit donc comme un moyen d'améliorer la connaissance du système karstique St-Alban-Auriolles, notamment pour la compréhension et la répartition de l'alimentation en eau souterraine du karst entre les pertes de cours d'eau superficiels (Chassezac, Beume ?) et les écoulements karstiques proprement dits en provenance du plateau (système

Bourbouillet/Réméjadou...). L'objectif de ce multi-traçage est de tenter de répondre aux questions posées.

Nous détaillons ci-après les conditions et résultats du multi-traçage mis en œuvre sur le système Saint-Alban-Auriolles entre le 10 mai 2016, jour de première injection, et 10 juin 2016, correspondant aux retraits des capteurs et des fluorimètres. A noter que certains fluocapteurs ont également été relevés plus tardivement ; les derniers par les spéléologues le 13 juillet 2016.

Ci-après les cartes de localisation générale de l'unité karstique St-Alban-Auriolles avec les sites d'injection et les nombreux points de suivi.

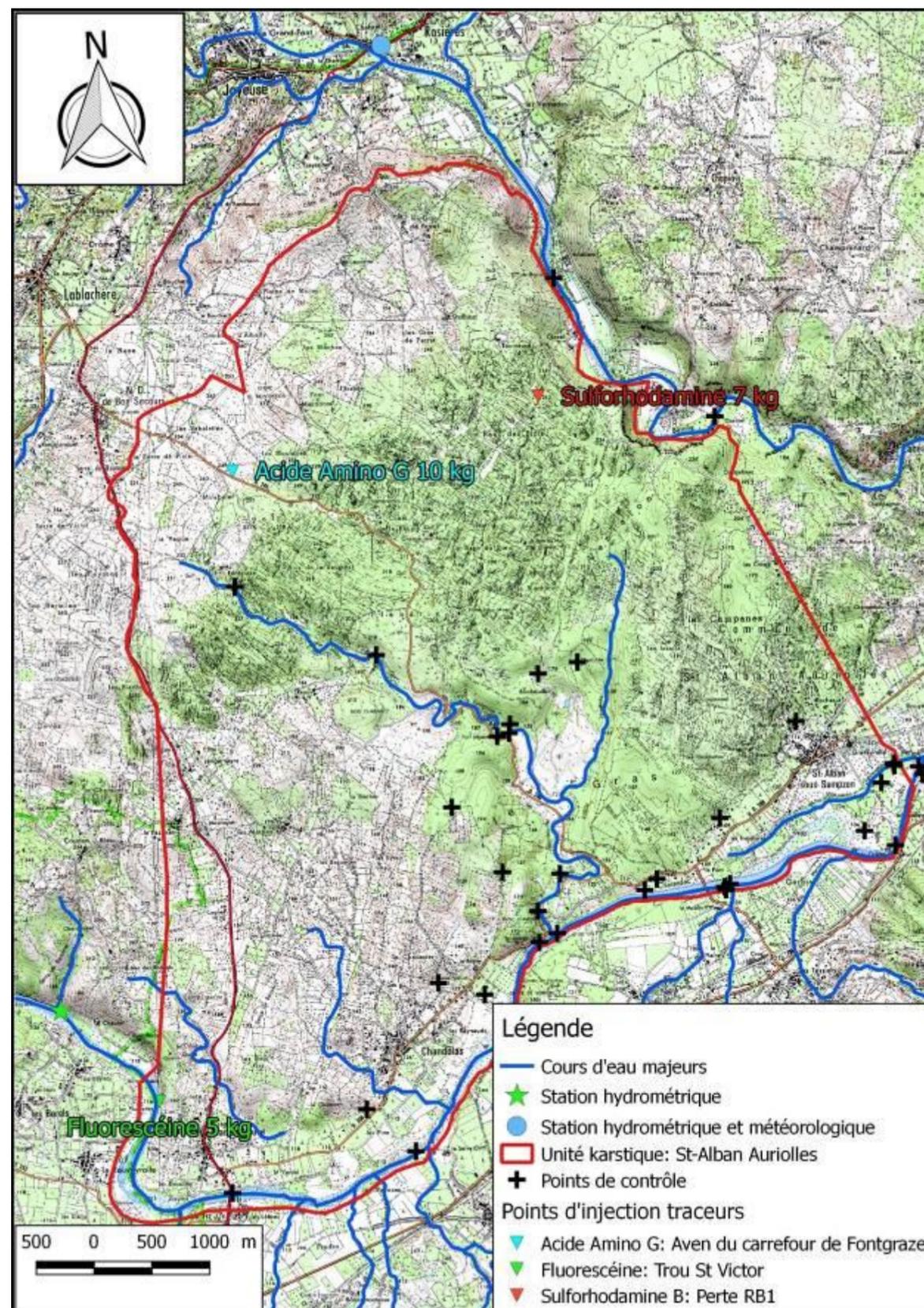
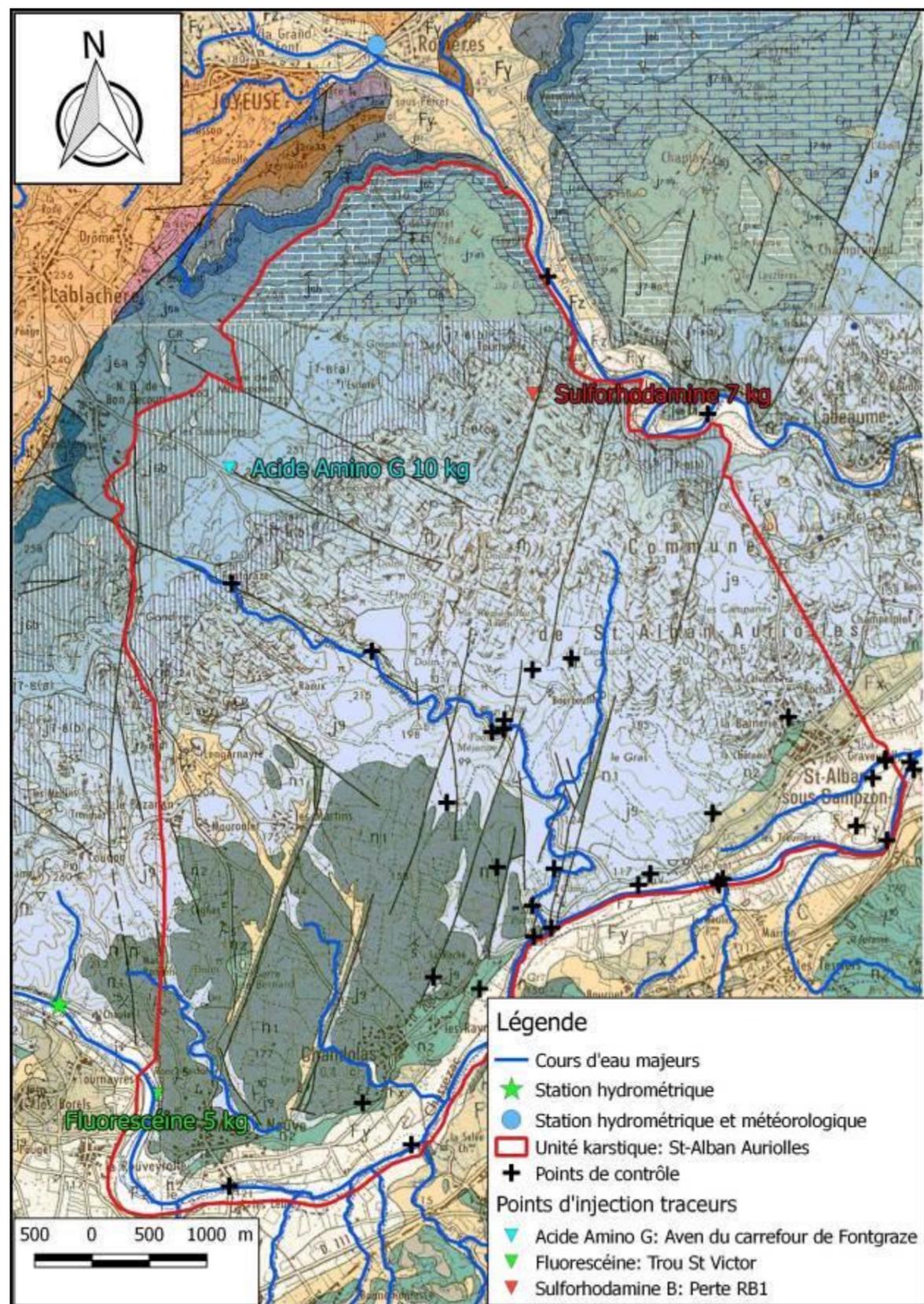


Figure 92 : cartes de localisation générale avec sites d'injections et points de suivi de restitution

VI.4 MÉTHODOLOGIE DU TRAÇAGE « SAINT-ALBAN-AURIOLLES » MAI – JUIN 2016

La mise en œuvre de ce multi-traçage a été confrontée à plusieurs difficultés :

- L'absence d'exutoire du système clairement identifié et mesurable à l'étiage ;
- Une très probable compartimentation de l'aquifère ;
- Dans la partie centrale, une concentration importante de réseaux entre lesquels les connexions sont complexes (plusieurs branches, alimentations multiples en hautes eaux) et qui donnent naissance à des sources temporaires de trop-plein semblant aboutir vers le secteur du Ranc d'Avène et Puits Pelouse ;
- Les sources permanentes étant peu nombreuses, les injections devaient se faire en moyennes eaux afin de disposer de plusieurs points de suivi sans que l'ensemble du karst fonctionne en crue ;
- Un karst « masqué » par les formations de recouvrement (Berriasien sur le massif calcaire et alluvial dans la vallée du Chassezac) dans sa partie aval, supposée secteur d'une zone noyée avec des sorties diffuses qui ne pourront pas être quantifiées.
- Malgré la diminution du débit de la Beaume dans ses gorges, aucune perte n'a été mise en évidence à ce jour ;
- Des incertitudes sur les résultats du traçage depuis les pertes de Maisonneuve.

C'est pourquoi, il a été indispensable de sectionner cet essai multi-traçage en plusieurs phases :

Une phase de préparation qui a intégré :

- Un suivi du plan d'eau souterrain pendant six mois, là où il sera accessible à l'aide de sondes type reefnet et d'enregistreurs autonomes ; 10 sondes ont été posées pendant l'hiver 2015-2016 ; les sites équipés sont la Beaume, le Chassezac, le ruisseau des Fontaines, siphon aval et siphon B du réseau de la Reinette, siphon 1 du Tirbirou, siphon 1 des Espeluches, siphon amont de l'évent des Cascades, siphon 1 de la Douce, et Fontenille.
- Ce suivi des niveaux d'eau a été complété par les données des sites déjà équipés par l'Université de Montpellier : sources de Bourbouillet, Fontgraze, de Puits Pelouse et du Ranc d'Avène
- La recherche de sites potentiellement utilisables dans le secteur de Maisonneuve pour l'injection d'un traceur (fluorescéine) non loin des pertes du Chassezac : un ou plusieurs forages privés, cavités karstiques.
- La mise en œuvre d'un traçage court au chlorure de sodium à partir du trou St Victor pour valider l'absence de sortie à l'aval immédiat de la cavité dans le Chassezac
- La recherche du meilleur site d'injection en partie Est du massif (perte RB1, autres sites d'injection possibles ?)

- Une localisation des sorties d'eau diffuses sous le lit du Chassezac, entre la Selve et la confluence avec l'Ardèche, grâce à une campagne de jaugeage sériés sur le Chassezac (simultanément avec les jaugeages sur la Beaume et l'Ardèche)
 - Le relevé topographique en surface au droit des différentes sorties d'eau, de repères d'entrée de cavités (permettant grâce aux relevés spéléos de positionner les plans d'eau souterrains), et quelques points du fil d'eau de la Beaume et du Chassezac pour compléter les données existantes.
- Une phase d'essai de traçage (moyennes eaux entre mai et juin 2016) qui correspond à l'essai multi-traçage sensu stricto.**

VI.5 CONDITIONS METEOROLOGIQUES ET HYDROLOGIQUES

VI.5.1 RELEVES METEOROLOGIQUES (PRECIPITATIONS, TEMPERATURES)

Les conditions météorologiques durant lesquelles le traçage s'est déroulé sont définies par :

- la station hydrométrique de « Rosières », installée sur la commune de Rosières, dont les caractéristiques sont :

Nom de la station	Code hydro	Nom du cours d'eau	Surface BV (km2)
Rosieres	V5035020	Baume	200

X lambert Ile (m)	Y lambert Ile (m)	Zéro NGF de l'échelle (m)	Commune INSEE
752 522	1 944 150	148.3	07199

Producteurs 2016 : VIGICRUES, Service de Prévision des Crues du Grand Delta.

Nb : cette station enregistre les débits de crues (>2,5 m³/s ; les débits inférieurs pouvant être influencés par des prélèvements d'irrigation), la hauteur d'eau et les précipitations.

- Et la station hydrométrique de « Chalet », installée sur la commune de Berrias-et-Casteljau, dont les caractéristiques sont :

Nom de la station	Code hydro	Nom du cours d'eau	Surface BV (km2)
Chalet	V5045010	Chassezac	600

X lambert Ile (m)	Y lambert Ile (m)	Zéro NGF de l'échelle (m)	Commune INSEE
749 810	1 935 720		07031

Producteurs 2016 : VIGICRUES, Service de Prévision des Crues du Grand Delta.

Nb : cette station enregistre les débits (attentions ces débits peuvent être influencés par les barrages des estivants) et la hauteur d'eau.

Les données de précipitation et de hauteur d'eau sont représentées sur la Figure 93

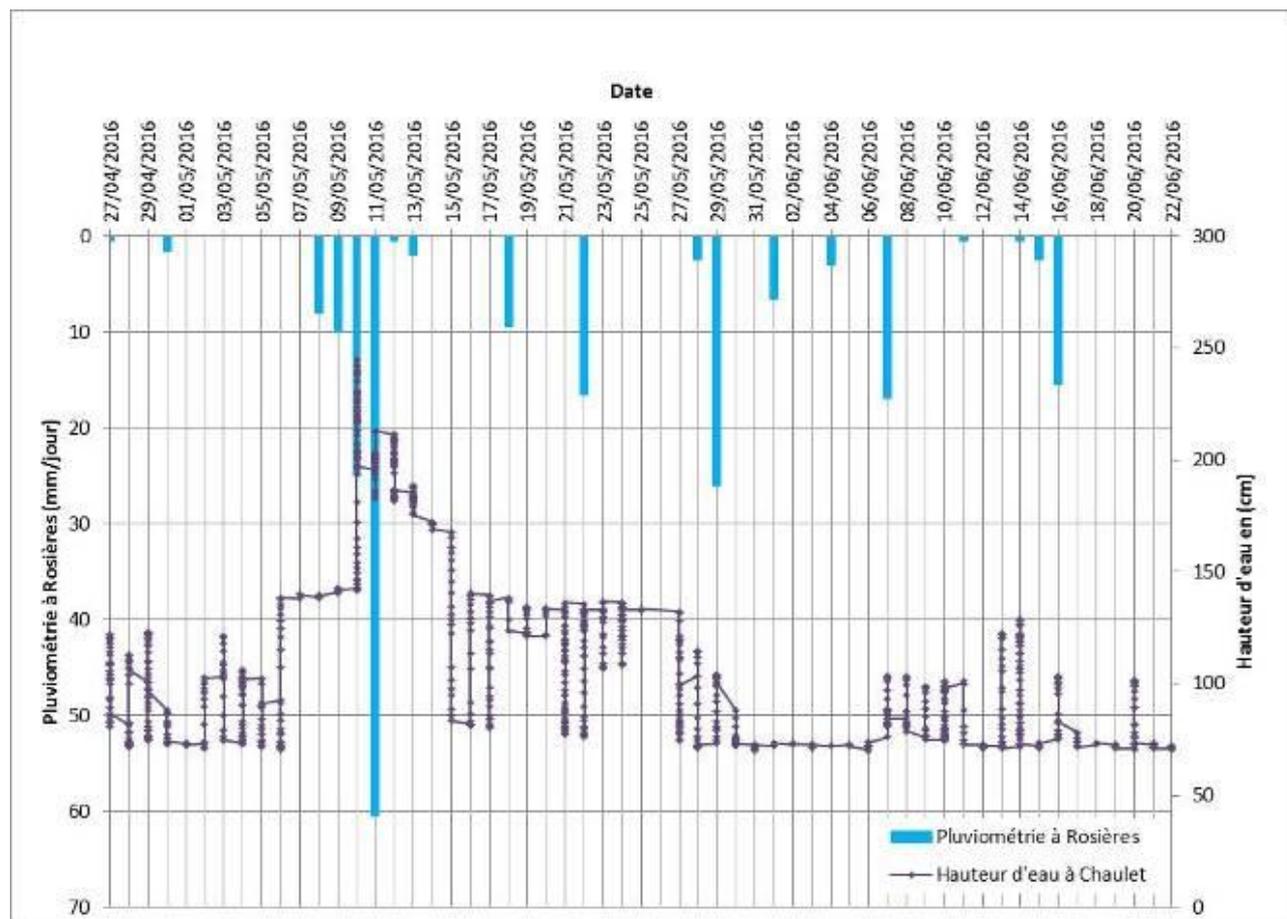


Figure 93 : Evolution de la hauteur d'eau du Chassezac à la station hydrométrique de Chalet plage (Berrias et Casteljau) et des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rosières entre le 27 avril et le 22 juin 2016

Entre le 27 avril et le 22 juin, il est tombé 208 mm de précipitations sur la commune de Rosières. Plusieurs épisodes pluvieux ont été enregistrés, dont un particulièrement important le lendemain des injections d'Acide Amino G et de Sulforhodamine, le 11 mai 2016 où 60,5 mm de pluies sont tombés dans la journée. Cela a eu comme conséquence la mise en charge de la plupart des émergences karstiques du massif. Les traceurs sont apparus au moment du pic de crue notamment au niveau de Bourbouillet, Espeluches, Font-Méjeanne, Tirbirou et Ranc d'Avène Cet épisode s'est terminé le 12 mai 2016. Cet événement a également obligé le report de l'injection de Fluorescéine au trou Saint-Victor.

Un nouvel épisode pluvieux (9,5 mm) a eu lieu le jour de l'injection de la Fluorescéine, le 18 mai 2016. Ce dernier était toutefois bien moins important que celui apparu le 11 mai 2016 et a permis de réaliser le traçage dans des conditions hydrologiques optimales.

Ce multitraçage ne s'est donc pas passé en période d'étiage comme il était prévu. Ces plusieurs périodes de précipitations ont engendré une circulation rapide des traceurs à travers le massif karstique notamment pour l'Acide Amino G et la Sulforhodamine.

La température moyenne enregistrée sur le mois de mai est de 15.2 °C.

VI.5.2 HYDROLOGIE

VI.5.2.1 Débits du Chassezac à Chaulet

Les données de niveaux d'eau du Chassezac sont issues des relevés à la station hydrométrique V5045010.

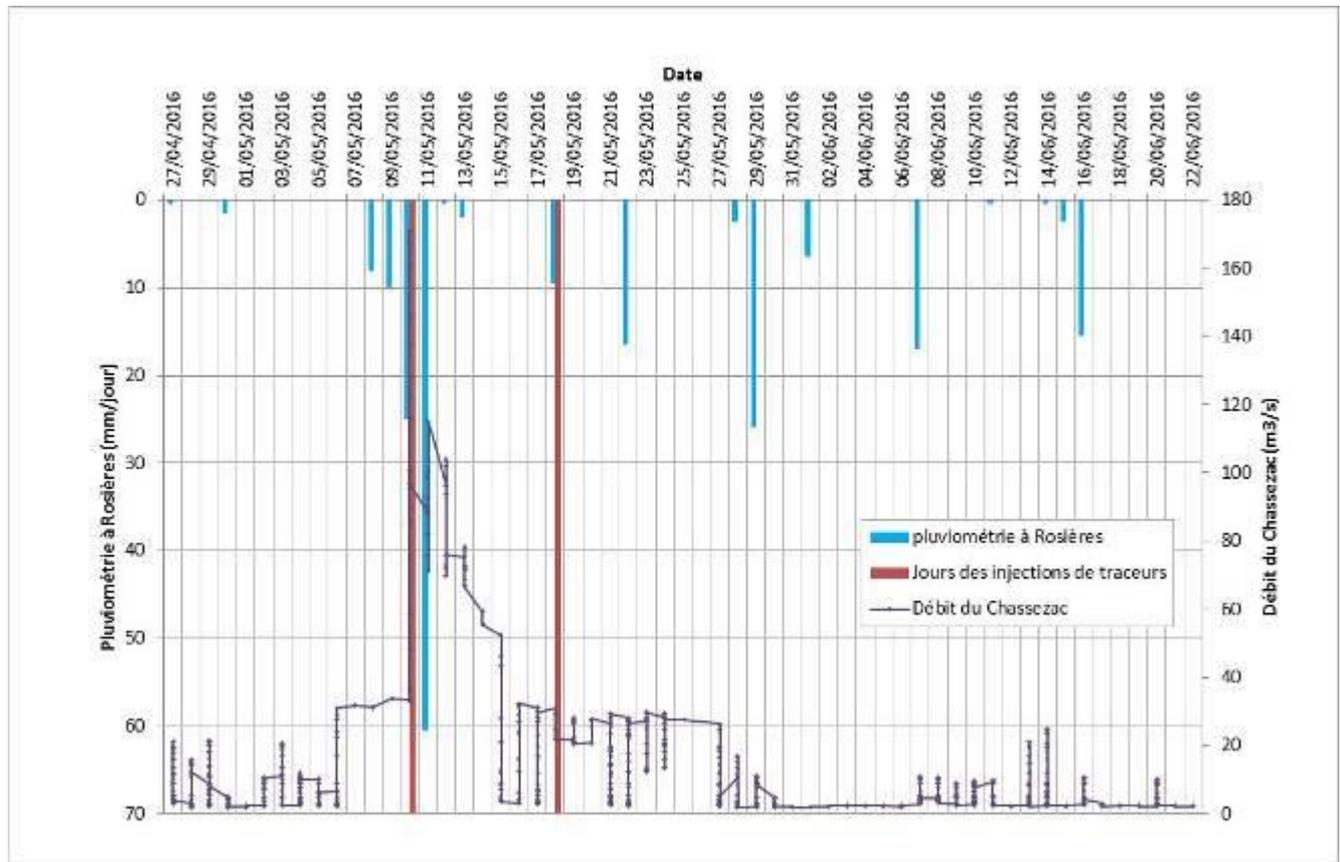


Figure 94 : Evolution du débit du Chassezac à la station hydrométrique de Chaulet plage (Berrias et Casteljau) et des précipitations enregistrées à la station Météo France de Rosières entre le 27 avril et le 22 juin 2016

L'épisode pluvieux entre le 08 et le 11 mai a eu un fort impact à l'échelle du bassin versant du Chassezac (station hydrométrique de Chaulet) puisqu'il s'en suit une augmentation du débit du cours d'eau (de 30 à 171 m³/s). Il est toutefois bon de rappeler que le débit du cours d'eau peut être perturbé par les barrages en amont. Il se peut par exemple qu'il y ait un lâcher d'eau avant de fortes précipitations afin de permettre d'écarter la crue en temps voulu.

Le 10 mai jour initialement prévu pour l'injection de la fluorescéine, le débit du Chassezac a atteint 171 m³/s et avoisinait encore les 100 m³/s le 11 mai ; il a donc été décidé de ne pas injecter dans le trou St Victor en rive gauche du Chassezac. L'injection de la fluorescéine a été effectuée le 18 mai alors que le débit du Chassezac était calé à 30 m³/s, débit idéal pour une intervention en sécurité (traversée et approche en canoë) et un débit suffisant s'infiltrant dans le trou St Victor.

VI.5.2.2 Comparaison des niveaux d'eau du Chassezac et de la Beaume vis-à-vis des niveaux d'eau de l'aquifère karstique

Les niveaux d'eau des rivières Beaume et Chassezac et du ruisseau des Fontaines ont été suivis par les reefnets mises en place par le CDS07 et par les stations de mesures existantes de Rosières et Chaulet. Les hauteurs d'eau dans le karst ont été suivies par les reefnets du CDS07 au Tirbirou, à l'évent des Cascades, à la Rainette (2 siphons suivis) et à l'aven de Fontenille ; des sondes de l'Université de Montpellier et de l'Association Païolive équipent également Bourbouillet, Ranc d'Avène et Puits Pelouse.

A noter que toutes ces données de niveau ont été recalées en altitude grâce la réalisation d'une campagne de nivellement précis des points d'eau en mai 2016 par GPS.

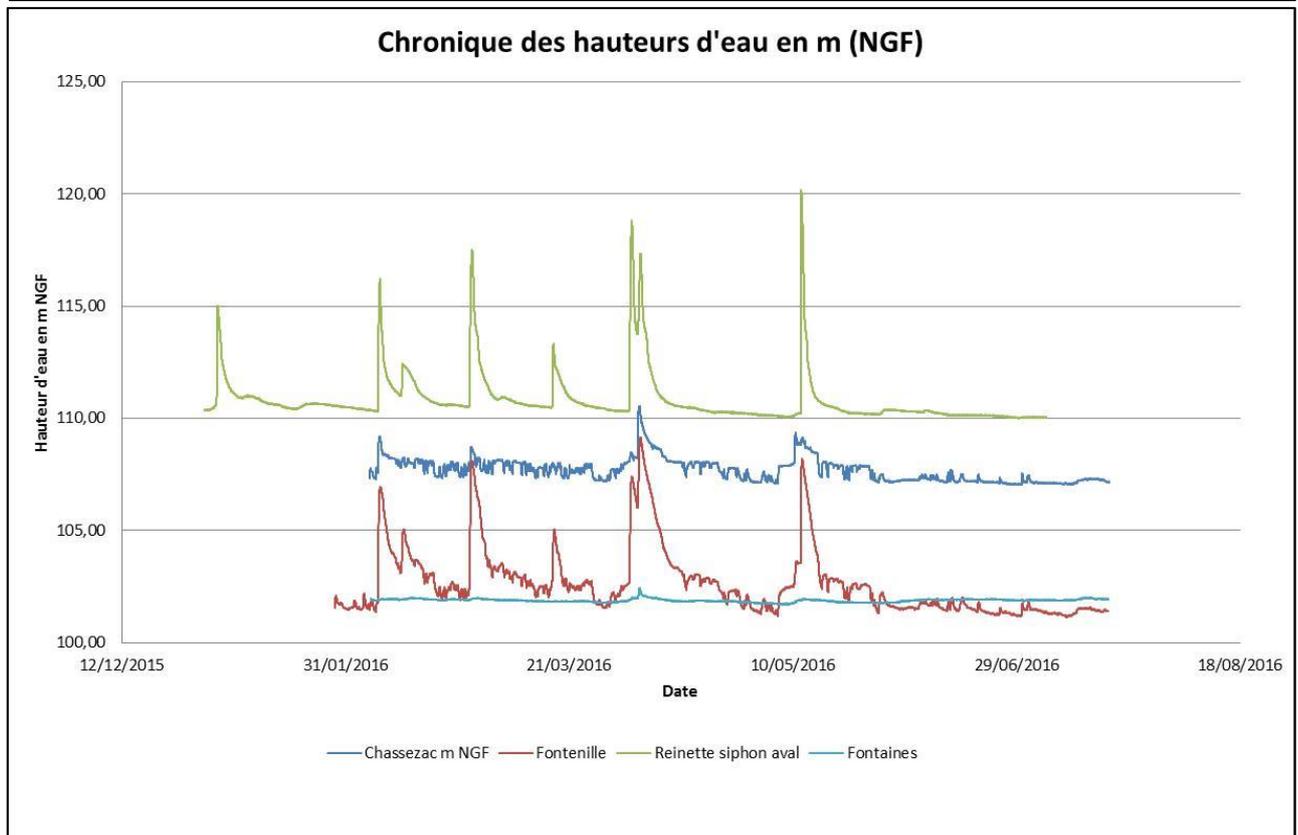
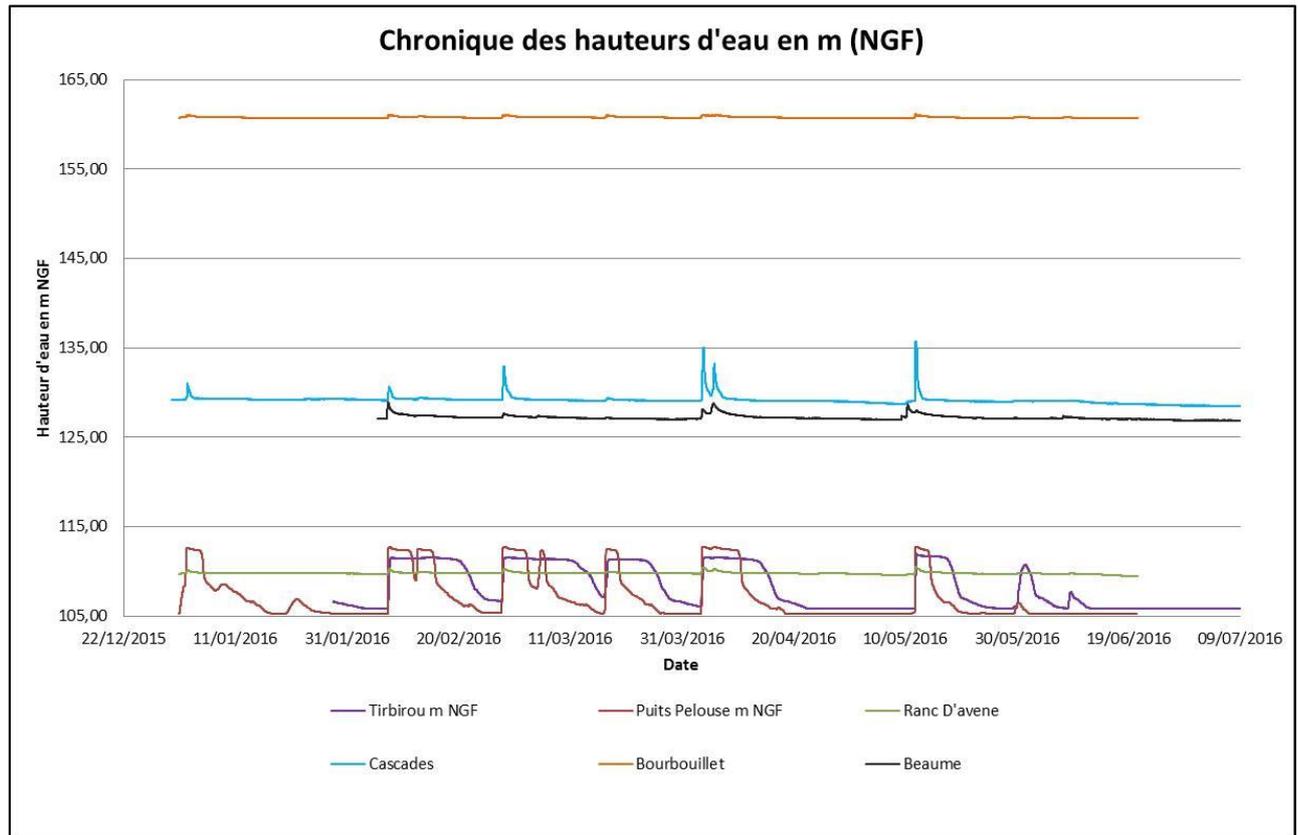


Figure 95 : Chroniques des hauteurs d'eau des rivières et des points d'eau karstiques en m NGF

Concernant les altitudes des cours d'eau, on remarque dans un premier temps une grande différence d'altitude entre la Beaume (148 à 127 m NGF), le Chassezac (117 à 107 m NGF) et le ruisseau des Fontaines (102 m NGF). Au niveau de Gerbail, le Chassezac est à environ 98 m d'altitude.

Le karst se divise entre les points hauts sur le massif : Bourbouillet à 160 m d'altitude et l'évent des Cascades à 129 m, et les points bas compris entre 105 à 115 m NGF, voire très bas pour L'aven de Fontenille avec 101 m NGF.

Les conditions météorologiques ont une influence directe sur la hauteur d'eau dans le karst et les cours d'eau. Ceux-ci ne réagissent pas de la même façon ; le graphe ci-après représente sur la période du traçage les variations des hauteurs d'eau et la pluviométrie enregistrée à la station Météo France de Rosières.

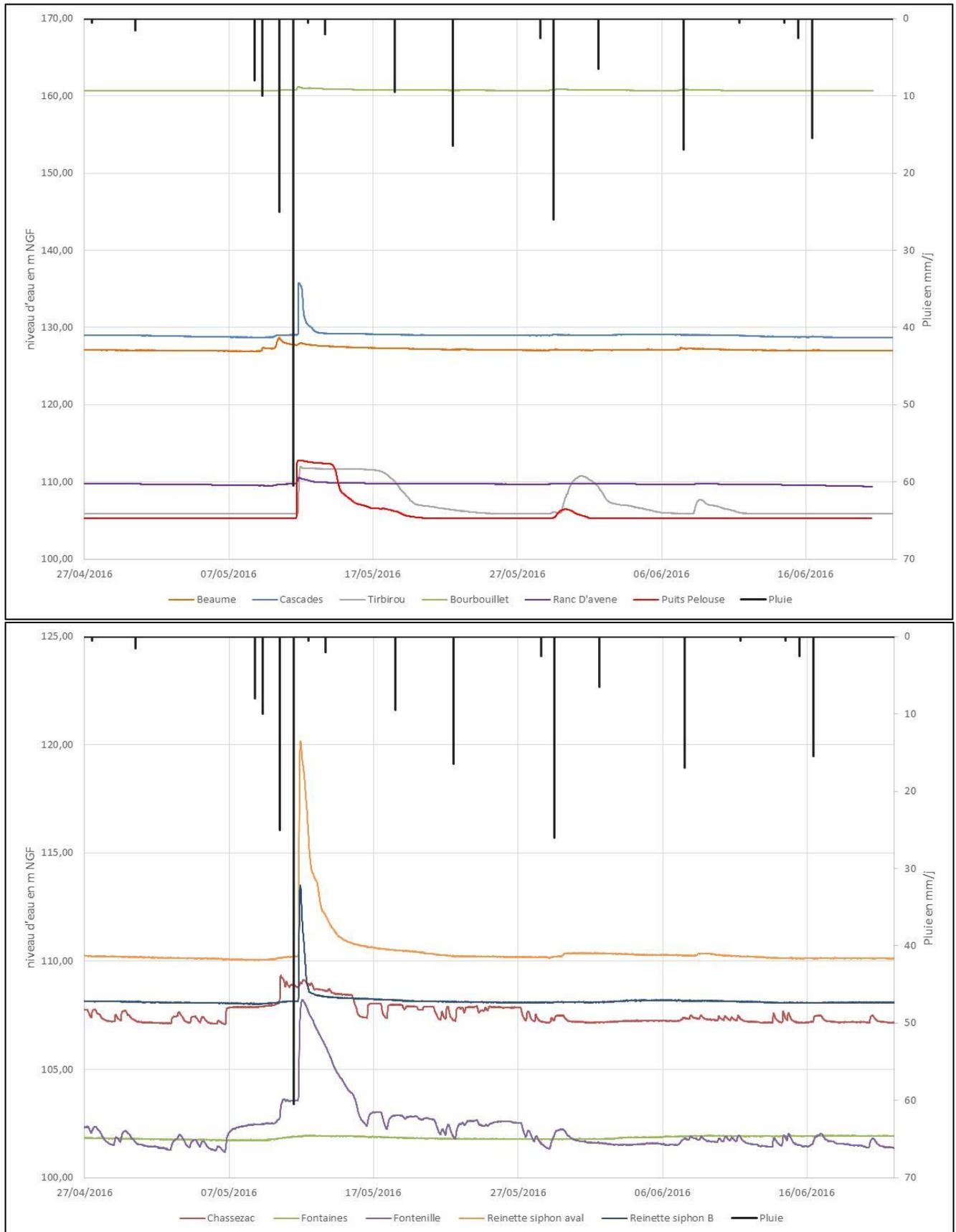


Figure 96 : Chroniques des hauteurs d'eau des rivières et des points d'eau karstiques en m NGF et de la pluviométrie en mm/j sur la période de traçage

On remarque que les précipitations importantes des 10 et 11 mai 2016 ont créé une forte crue des cours d'eau et du karst. Dans celui-ci, la crue se manifeste par des mises en charge plurimétriques de durée plus ou moins longues. A noter que les variations de charge sont moins visibles à Bourbouillet et Ranc d'Avène à cause du placement des sondes à proximité de l'exutoire, où les mises en charge sont moins importantes qu'à l'intérieur du réseau karstique. On observe à l'aven de Fontenille des similitudes avec le régime artificiel du Chassezac (dû aux barrages hydroélectriques en amont) ; Fontenille réagit aux crues avec toutefois une plus grande mise en charge que le Chassezac, ce qui pourrait expliquer que cet aven est en lien avec une perte du Chassezac et draine également l'aquifère karstique.

VI.6 MOYENS MIS EN ŒUVRE

VI.6.1 DATES, LIEUX ET QUANTITES INJECTEES

Voici un tableau récapitulatif des traceurs injectés, des sites d'injection et des quantités mises en œuvre :

Traceur	Lieu d'injection	Commune	X Lambert 93	Y Lambert 93	Z (m NGF)	Z Injection (m NGF)	Observation injection	Date de l'injection*	Quantité (kg)	Volume (L)	Concentration (g/L)	Volume d'eau apporté (L)
Acide Amino G	Aven du carrefour de Fontgraze	Lablachere	798325	6372927	243	223	Injection dans petit actif à -20 m de l'entrée naturelle	10/05/2016 13:40-14:40	10	300	33,3	11 500
Sulforhodamine B	Perte RB1	Joyeuse	800982	6373577	211	198	Injection à -13 m au sein de la perte (non active)	10/05/2016 10:20-14:05	7	50	140	9 000
Fluorescéine	Trou Saint-Victor	Chandolas	797688	6367446	111,1	111,1	Injection dans le trou St-Victor à une dizaine de mètres de l'entrée ; débit de perte estimé à 122 litres/sec	18/05/2016 19:50-20:25	5	25	200	dans le cours d'eau (débit supérieur à 100 L/S)

*les temps d'injection comprennent ici le temps de préparation, l'injection proprement dite et le temps de pousser

Tableau 19 : Descriptif des traçages (date et lieu, quantité de traceurs injectés)

A noter que ces injections ont nécessités une certaine logistique (cannes d'injection et tuyaux, camion-citerne, nombreuses cuves de 1 m³, pompe, groupe électrogène, canoë...) assurée par les bureaux d'études et les spéléologues associés. Les opérations se sont déroulées comme suit :

- Injection AAG – Aven Fontgraze :

- injection préalable 1 m³ d'eau claire,
- injection du traceur depuis la surface à l'aide d'une canne PEHD posée par les spéléo à -20 m pour rejoindre un petit drain en eau (injection de la totalité du traceur en 15 minutes),
- le traceur a été poussé à l'aide d'un camion-citerne pour un volume total 11,5 m³ d'eau à l'aide d'un tuyau souple à -20 m

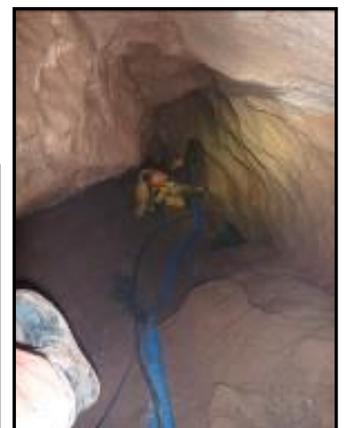


Figure 97 : Photographies de la préparation de l'acide AminoG, de l'injection au fond de l'aven du carrefour de Fontgraze et du dispositif d'injection mis en place dans cet aven

- **Injection Sulforhodamine – RB1 :**

- ☑ injection préalable 1 m³ d'eau claire,
- ☑ Injection en cavité du traceur à -13 m (injection de la totalité du traceur en 40 minutes),
- ☑ Traceur poussé avec 9 m³ d'eau à l'aide d'une pompe immergée et depuis la surface où il avait été stocké au préalable 10 cuves de 1 m³ (le remplissage des cuves a été assuré par le SDIS07).



Figure 98 : Photographies de l'injection de la sulforhodamine B (en cubitainers) au fond de la perte RB1 et du dispositif d'injection mis en place pour pousser le traceur (cuves)

- **Injection Fluorescéine – Trou St-Victor :**

- ☑ injection à un peu moins d'une dizaines de mètres de l'entrée (située en rive gauche du Chassezac) accessible en canoë depuis la rive opposée,
- ☑ injection dans le flux de perte estimé à 122 l/s (injection de la totalité du traceur en 20 minutes + 15 minutes de rinçage des bidons)



Figure 99 : Photographies des conditions d'accès en canoë au trou Saint Victor (rive gauche du Chassezac) et de l'injection de la fluorescéine (en cubitainers) dans la cavité

L'objectif recherché dans le choix des sites d'injection :

- AAG – Aven Fontgraze : Comment s'organisent les écoulements depuis l'extrémité amont du plateau calcaire ? : liaisons hydrogéologiques, vitesse de transfert, temps d'arrivées, concentrations...
- Sulforhodamine B – RB1 : L'extrémité amont Nord-Est du plateau calcaire fait-elle partie intégrante de l'unité aquifère de St-Alban-Auriolles comme il avait été prédéfini et si oui, comment s'organisent les écoulements depuis cette extrémité ? ou l'injection va-t-elle colorer la Beaume qui drainerait la rive droite du plateau calcaire dans ses gorges ?
- Fluorescéine – Trou Saint-Victor : infirmer ou confirmer la liaison entre les pertes du Chassezac et le secteur des Fontaines à St-Alban (ruisseau des Fontaines, forage de Gerbial...). Ce traçage a également été réalisé dans l'espoir de préciser le trajet du drain karstique grâce à l'important dispositif de suivi (fluorimètres, fluocapteurs, visites de terrain et prélèvement pour analyses).

Les trois sites d'injection sont géo-référencés sur la Figure 92.

VI.6.2 DISPOSITIF DE SURVEILLANCE

VI.6.2.1 Points d'eau suivis

Plusieurs sources, forages, aven, grottes constituant des exutoires probables du système ont été suivis durant toute la durée de l'expérimentation et sont géo-référencés sur la Figure 100.

La totalité des points de suivi a permis de vérifier ou non le passage du/des traceurs. Pour les points équipés de fluorimètres ou de préleveurs automatiques, l'intérêt étant de mieux comprendre comment est faite la restitution des traceurs (arrivée très lente et diluée ou au contraire passage très rapide et très concentré) et de préciser quelques notions (temps d'arrivées et vitesse de transfert, concentrations...).

L'ensemble de la pose/dépose et le suivi a été effectué par les Bureaux d'études RABIN et IDEES EAUX et le comité départemental de spéléologie de l'Ardèche (participation très active et indispensable des spéléologues sur le terrain).

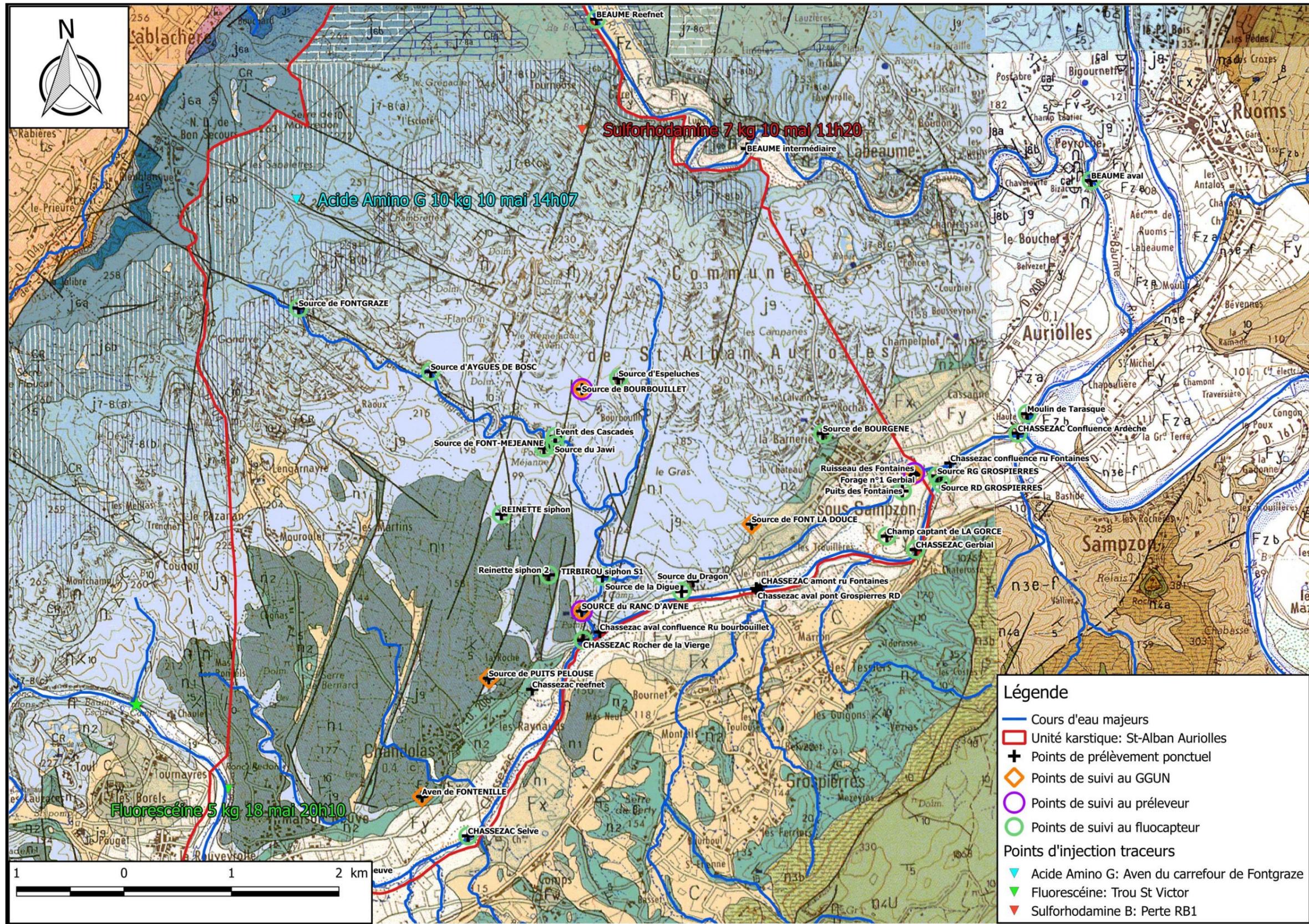


Figure 100 : Vue d'ensemble des points d'eau suivis lors du multi-traçage St-Alban

VI.6.2.2 Matériel et mesures

a. Fluorimètres G-GUN

Pour le suivi des traceurs, nous avons mis en place 6 fluorimètres pour une durée de suivi de 1 mois. Ils ont permis d'obtenir un enregistrement très précis des courbes de restitution des colorants injectés (pour ceux où il n'y a pas eu de problème technique ou d'interférences) et de calculer le taux de restitution de chaque colorant injecté.

Pour les enregistrements sans défaillance, ils ont permis d'obtenir une évaluation précise des vitesses de transfert dans le milieu souterrain (vitesse maximum, vitesse moyenne, vitesse du pic...), une mise en évidence de la relation pluie/vitesse de transfert, un calcul au plus juste des taux de restitution des traceurs et de l'évaluation des phénomènes de retard et de dégradation.

Ci-après un tableau récapitulatif des appareils de suivi mis en place (6 fluorimètres GGUN et préleveurs automatiques).

Points de restitution	Fluorimètre	Préleveur automatique	Fluo-capteur	Equipements	Prélèvements pour analyses
Source de BOURBOUILLET	FL30	OUI	NON	NIV CDT MONTP/RABIN	PRELEVEUR
Source du RANC D'AVENE	FL30	OUI	NON	NIV CDT MONTPELLIER	PRELEVEUR
Source de PUIITS PELOUSE	FL30	NON	NON	NIV CDT MONTPELLIER	OUI
Aven de FONTENILLES	FL24	NON	NON	REEFNET	OUI
Source de FONT LA DOUCE / DOUCE PAULETTE	FL24	NON	NON	REEFNET	OUI
Forage FG1 de GERBIAL (karst à -70 mètres)	FL24 + GSM	NON	NON	NIV RABIN	OUI

Tableau 20 : tableau des sites équipés de fluorimètres et préleveurs automatiques pour le multi-traçage St-Alban-Auriolles

NB : Les prélèvements d'échantillons utiles (choix des échantillons en fonction des observations GGUN, des sites d'importance, des doutes et questionnements posés) ont été analysés au spectromètre de masse en laboratoire (SCIENCES ENVIRONNEMENT à Besançon).

Voici le détail pour chacun de ces sites et les traceurs qui étaient attendus :

- Source de Bourbouillet (Figure 101) : elle constitue un des seuls exutoires actifs en période sèche du système Réméjadou-Bourbouillet. Mise en place du fluorimètre dans le siphon après le porche d'entrée ; le préleveur en sortie de source. Traceur(s) attendu(s) : Acide Amino G et avec des doutes la sulforhodamine.



Figure 101 : Installation du fluorimètre dans le siphon de Bourbouillet (à gauche) et du préleveur à l'exutoire de la source (à droite)

- Source Ranc d'Avène (Figure 102): source temporaire au débit pouvant être très important. Son exutoire se situe dans la berge en rive droite du ruisseau de Bourbouillet. Le fluorimètre et le préleveur ont été installés juste en amont de la vasque d'entrée. Traceur(s) attendu(s) : potentiellement de l'Acide Amino G.

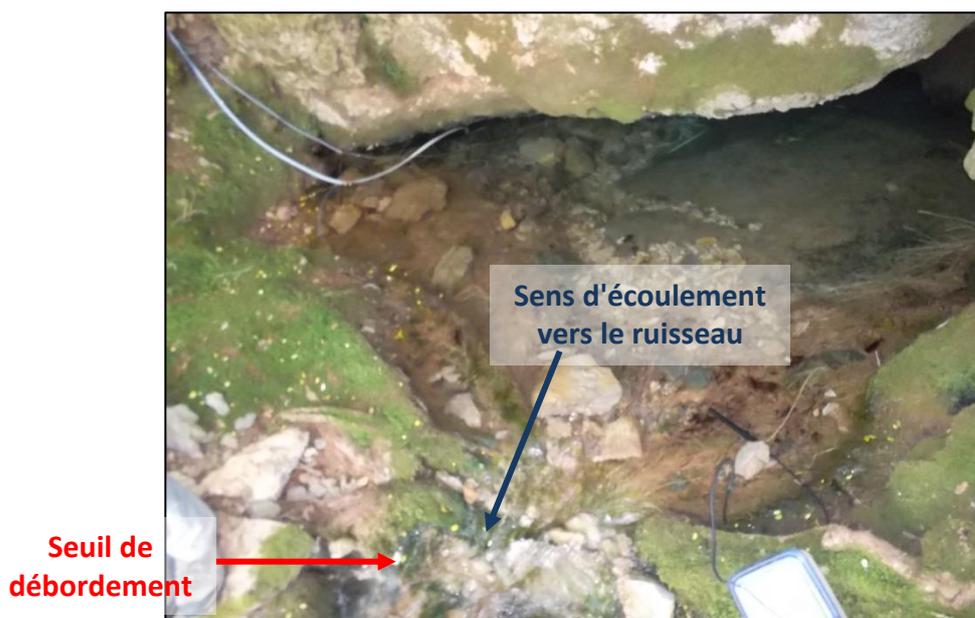


Figure 102 : Installation du fluorimètre et du préleveur à l'exutoire de la source de Ranc d'Avène

- Puits Pelouse (Figure 103) : Autre regard sur le karst en bordure Sud de notre unité non loin du Chassezac. Le fluorimètre a été installé dans le réseau à l'exutoire.
Traceur(s) attendu(s) : potentiellement de la fluorescéine.

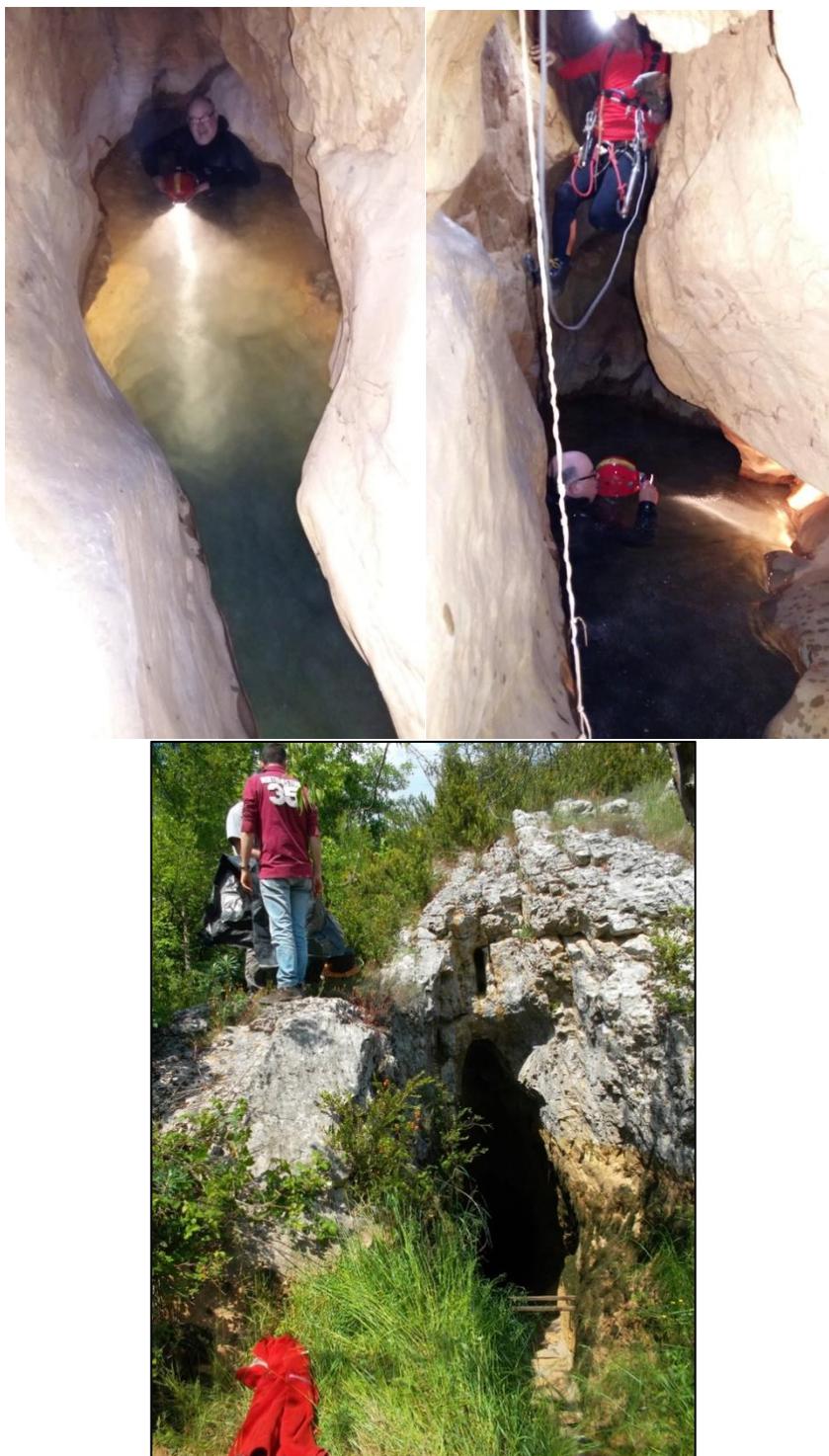


Figure 103 : Installation du boîtier d'acquisition du fluorimètre à la sortie de Font-Pelouse (à gauche) et de la sonde du fluorimètre dans la vasque en contrebas par les spéléologues (au milieu et à droite).

- Aven Fontenille (Figure 104) : regard sur le karst en bordure du Chassezac avec par moments des écoulements de crues très importants pouvant même inonder la route (selon les nombreux témoignages). Le pré-traçage au chlorure de sodium confirme d'ailleurs le passage du traceur à cet endroit. La sonde du fluorimètre a été installée par les spéléologues dans l'actif comme tous les autres appareils (sonde pression, conductivité, température, reefnet) ; les boîtiers d'acquisition ont été placés à la sortie de l'aven afin de les relever facilement et plus fréquemment.
- Traceur(s) attendu(s) : fluoescéine



Figure 104 : Boîtier d'acquisition de la sonde du fluorimètre en surplomb de l'entrée de l'aven Fontenille.

- Source Font la Douce / Douce Paulette (Figure 105) : regard sur le karst avec relation étroite avec le ruisseau des Fontaines car cette source constitue sa naissance lors des crues importantes. D'après quelques observations spéléo, cette source serait également en relation avec les conditions hydrologiques hautes eaux de la Beume ?? (à préciser ou vérifier avec suivi reefnet). Traceur(s) attendu(s) : potentiellement les trois traceurs.



Figure 105 : Mise en place du fluorimètre dans le réseau Douce Paulette par les spéléologues (à gauche) et grille cadénassée fermant l'accès au réseau (à droite).

- Forage de Gerbial FG1 (Figure 106) (forage qui présente une ouverture karstique à -69,90 m) : fluorimètre couplé à un GSM pour une surveillance à distance et à pas de temps régulier de la possible coloration de l'eau (garantie de bonne distribution pour le SEBA qui exploite de nombreux ouvrages dans le secteur) avec sonde installée à env.-68 mètres après dépose de la pompe d'exploitation par le SEBA.



Figure 106 : Installation du boîtier d'acquisition avec antenne GSM à l'extérieur du forage dans un arbre (à droite) et de la sonde du fluorimètre dans le forage F1 de Gerbial (à gauche)

Nous avons installé à partir du 30/05/2016 une pompe immergée au plus près du fluorimètre afin de permettre la prise d'échantillons représentatifs de l'eau au niveau de la sonde du fluorimètre (des échantillons ont également été prélevés précédemment à l'aide d'un préleveur manuel type « bouteille à clapet »)



Figure 107 : Installation de la pompe immergée dans le forage F1 de Gerbial pour des prélèvements ponctuels d'eau au fond de l'ouvrage

b. Fluo-capteurs et prélèvements

Nous avons complété le suivi à l'aide de prélèvements d'échantillons et la pose de fluo-capteurs répartis selon les sites de passage du/des traceurs attendus. La liste suivante constitue le bilan des fluo-capteurs et des prélèvements réguliers effectués (*en grisé : les cours d'eau superficiels*) :

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Points de restitution	Fluorimètre	Préleveur automatique	Fluo-captteur	Equipements	Prélèvements pour analyses
Source de FONTGRAZE	NON	NON	OUI	NIV CDT MONTPELLIER	OUI
Source d'AIGUES DE BOSC	NON	NON	OUI	NON	OUI
Source de FONT MEJANNES	NON	NON	OUI	NON	OUI
Event des CASCADES petit actif	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
Source d'ESPELUCHE	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
TIRBIROU siphon S1	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
REINETTE siphon amont	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
REINETTE siphon aval	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
Source du Jawi	NON	NON	OUI	NON	OUI
Source de BOURGENE	NON	NON	OUI	NON	OUI
Ruisseau des FONTAINES	NON	OUI	OUI	REEFNET	OUI
Source de la DIGUE	NON	NON	OUI	NON	OUI
Source RD GROSPIERRES	NON	NON	OUI	NON	OUI
Source RG GROSPIERRES	NON	NON	OUI	NON	OUI
Puits des FONTAINES	NON	NON	OUI	NON	OUI
Champ captant de LA GORCE P3 P5	NON	NON	OUI	NON	OUI
Moulin de Tarasque	NON	NON	OUI	NON	OUI
CHASSEZAC Selve	NON	NON	OUI	NON	OUI
CHASSEZAC Rocher de la Vierge	NON	NON	OUI	REEFNET	OUI
CHASSEZAC Gerbial	NON	NON	OUI	NON	OUI
CHASSEZAC amont ru Fontaines (Digue)	NON	NON	OUI	NON	OUI
CHASSEZAC confluence Ardèche	NON	NON	OUI	NON	OUI
BEAUME intermédiaire	NON	NON	OUI	REEFNET	NON
BEAUME aval	NON	NON	OUI	NON	OUI

Tableau 21 : sites de suivi fluo-captteurs et prélèvements d'échantillon pour le multi-traçage St-Alban

A noter également quelques autres points de prélèvement ponctuels :

Points de restitution	Fluorimètre	Préleveur automatique	Fluo-capteur	Equipements	Prélèvements pour analyses
Chassezac Maisonneuve	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac droit Puits Pelouse	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac reefnet	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac aval confluence Ru bourbouillet	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac confluence ru Fontaines	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac aval pont Gropierres RD	NON	NON	NON	NON	OUI
Chassezac aval pont Gropierres RG	NON	NON	NON	NON	OUI
Source du Dragon	NON	NON	NON	NON	OUI

Tableau 22 : autres sites avec quelques prélèvements d'échantillons effectués dans le cadre du multi-traçage St-Alban

c. Complément au "fluorimètre bureau" et analyses au laboratoire

Sur la période de suivi du multi-traçage, le bilan numérique des prélèvements est le suivant :

- 183 échantillons prélevés de façon manuelle,
- et 189 échantillons au préleveur automatique.

200 analyses laboratoire étant possibles, il a été nécessaire de faire des choix pour les envois en analyse afin de confirmer les pics enregistrés au GGUN sur site et mettre en évidence les passages des pics sur les autres points de suivis. Les analyses ont été réalisées par le bureau d'études Sciences Environnement à Besançon. Cinq envois ont été effectués (le 23/05, le 26/05, le 08/06, le 01/07 et le 29/07). Ils représentent 204 analyses d'échantillons et 22 analyses de fluo-capteurs. Les résultats d'analyses sont disponibles en annexe 32 et 33.

A la suite de quelques dysfonctionnements des GGUNs installés sur site ou interrogations suite aux premiers résultats d'analyses (différence entre les valeurs du GGUN et les analyses à Bourbouillet notamment), il a été décidé de consacrer plusieurs jours au bureau afin de passer les prélèvements avec un GGUN fiable. Le nombre d'analyses envoyées au laboratoire étant limité, l'utilisation du GGUN a été bénéfique afin de compléter nos résultats initiaux. L'ensemble des échantillons (manuel et préleveur) passés au GGUN sont présentés en annexe 40.

d. Jaugeages des exutoires karstiques

Des jaugeages nécessaires au calcul de restitution des traceurs ont été réalisés.

Certain jaugeages ont été fait par mesure précise (courantomètre, micro-moulinet) et d'autres par estimation (une estimation reste un bon moyen d'appréciation du volume d'eau mais cela ne représente en rien une valeur de précision). Voici le bilan des différentes mesures de débit réalisées à partir des sources et/ou exutoire karstique connus de ce système.

Les débits des sources ont été estimés ou mesurés lors de chaque tournée comme suit :

- ➔ La source de Bourbouillet à l'aide d'un courantomètre (sauf le jour de la crue où le débit a été estimé par la technique du flotteur).
- ➔ La source de Ranc d'Avène à l'aide d'un courantomètre.
- ➔ La source de Font-Méjeanne au seuil.
- ➔ L'Event des Cascades au seuil.
- ➔ La source d'Aygues de Bosc au seuil ou au micromoulinet.
- ➔ La source de Bourgène au seuil.
- ➔ Le ruisseau des Fontaines au micromoulinet ou au courantomètre.

Les débits des sources de Bourbouillet et de Ranc d'Avène ont pu être reconstitués sur toute la période de suivi (du 30/04/2016 au 20/06/2016) grâce à des jaugeages hebdomadaires au courantomètre électromagnétique et à l'enregistrement en continu des niveaux d'eau des sources par l'intermédiaire de capteurs de pression (Sonde CDT et Reefnet de l'Université de Montpellier).

Nous avons scindé en 2 les débits des sources : les sources de faible débit en Figure 108 et les sources à gros débit en Figure 109.

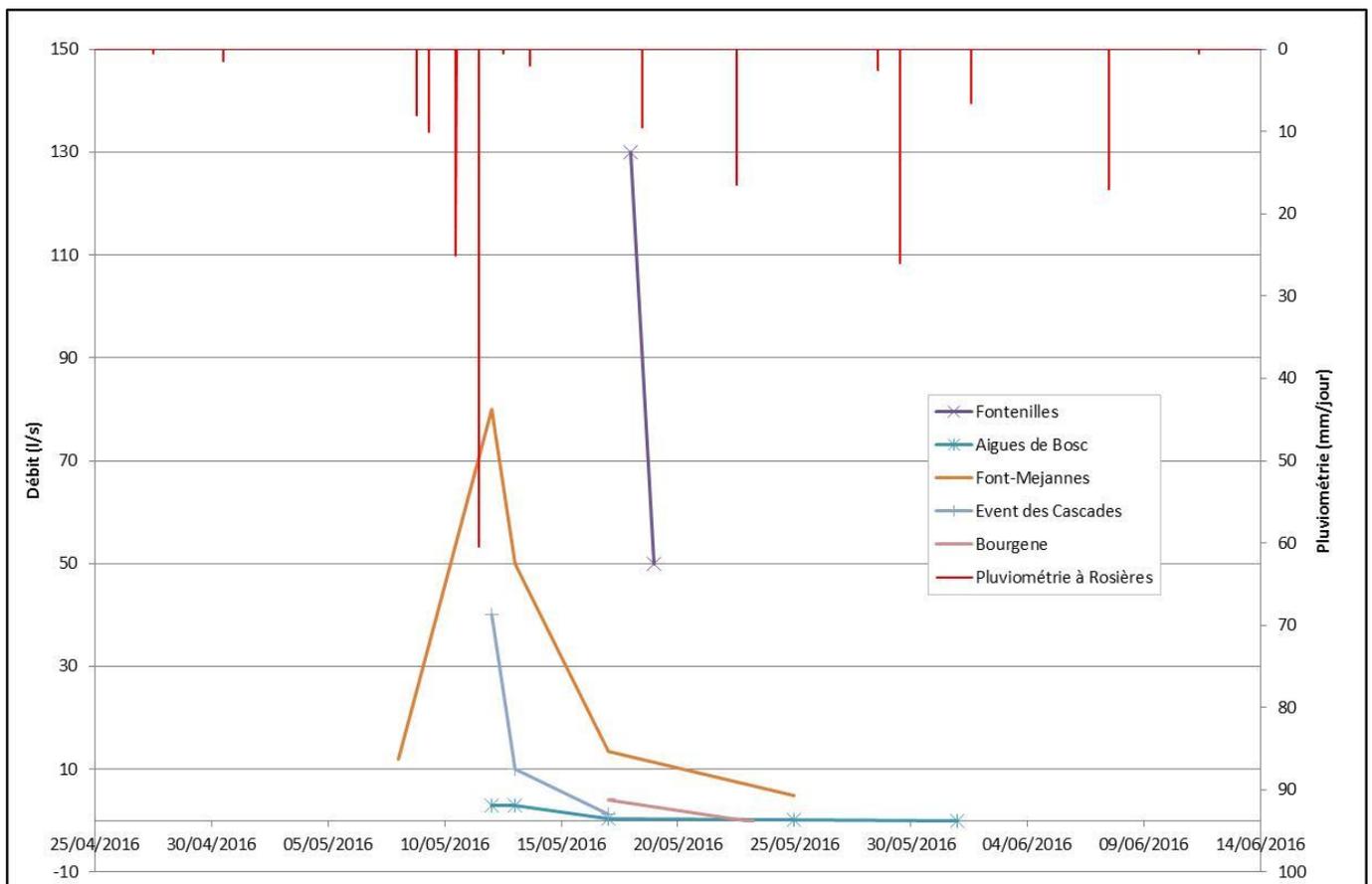


Figure 108 : Débit des sources à faible débit pendant la période du traçage :

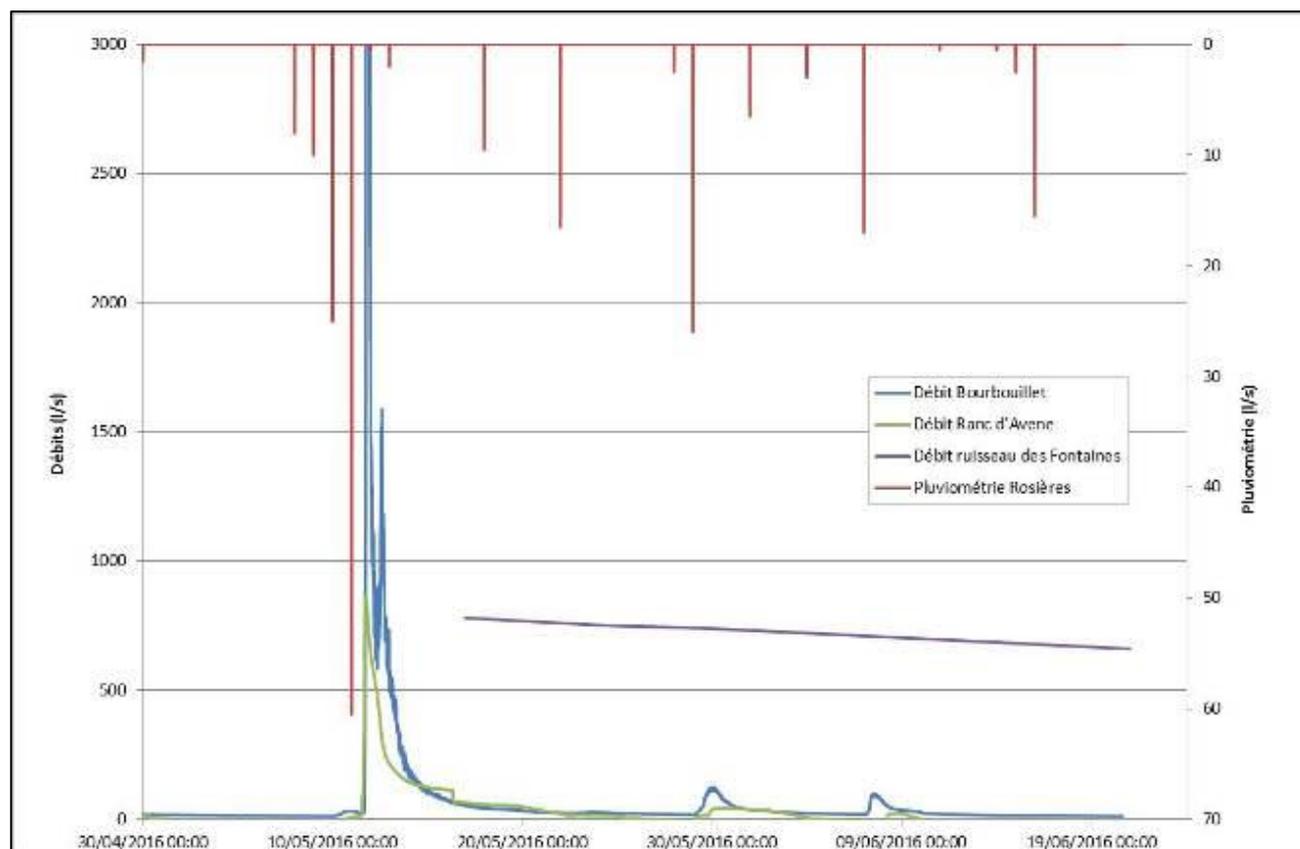


Figure 109 : Débit des sources à gros débit

Les sources de Font-Méjeanne, Aigues de Bosc, Bourgène, Ranc d'Avène et l'Event des Cascades constituent de petites résurgences du système avec un débit ici inférieur à 10 l/s voire nulle en période d'été. **La source de Bourbouillet représente la plus importante émergence karstique avec un débit d'été de l'ordre de 18 m³/h.** La valeur minimale mesurée pendant le multi-traçage était de 20 l/s le 11/05/2016.

En revanche lors des épisodes pluvieux, comme celui constaté entre le 10 et le 11 mai 2016, on remarque que la plupart de ces émergences sont capables d'avoir des débits nettement supérieurs (compris entre 50 et 2250 l/s).

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Q=l/s	Bourbouillet (Courantomètre)	Ranc d'Avène (Courantomètre)	Fontenille (estimation visuelle)	Aigues de Bosc (par empotage ou micromoulinet)	Font-Mejeanne (par empotage)	Event des Cascades (par empotage)	Espeluche (par empotage)	Tirbirou (estimation visuelle)	Bourgene (par empotage ou estimation visuelle)	RU Fontaines (micromoulinet)
23/03/2016				1	15	1			50	
02/05/2016			0,25							
04/05/2016										
06/05/2016										
08/05/2016					12					
10/05/2016	21									
11/05/2016	20									
12/05/2016	2250	400		3	80	40		100		
13/05/2016	360			3	50	10	15			
14/05/2016										
17/05/2016	45	64		0,5	13,5	1,2			4	780
18/05/2016	45		130							
19/05/2016			50							
22/05/2016		2								
23/05/2016		7							0	
25/05/2016	22,1	7,47		0,25	5					748,8
30/05/2016										738,2
01/06/2016	39,6	32,6		0,05						
21/06/2016										660

Tableau 23 : tableau de synthèse des mesures de débits

L'épisode pluvieux du 10 au 11 mai a eu un fort impact local puisque le débit de la source de Bourbouillet a augmenté de plus de 2200 l/s en une journée. Les précipitations ont sûrement été très localisées dans notre secteur d'étude et ont "poussé" l'Acide Amino G et la Sulforhodamine.

A noter que le plus gros débit mesurable sur toute l'unité karstique et qui constitue, au moins en partie, l'exutoire du karst est le ruisseau des Fontaines, avec un débit d'étiage compris entre 500 et 600 litres/secondes selon nos mesures faites en 2016. L'historique de mesures faites en 2010 et 2012 le confirme également (RABIN).

e. Jaugeages des cours d'eau (Chassezac et Beaume)

Une campagne de jaugeages sériés au courantomètre a été réalisée le 21 juin 2016. Une série de 8 jaugeages a été réalisée le long du Chassezac entre l'amont du pont de Maisonneuve et la confluence entre le Chassezac et le ruisseau des Fontaines. De la même façon, 3 jaugeages se sont déroulés sur la Beaume amont (aval de la source de Boissin), la Beaume intermédiaire (village de Labeaume) et la Beaume aval (Peyroche).

Tous les affluents étaient secs au moment des jaugeages (le Granzon, le Bourdaric, la Selve et Bourbouillet).

Le but de cette opération était de déterminer les zones de pertes et les zones de résurgences dans le Chassezac et la Beaume. Ces jaugeages n'ont pas pu être réalisés durant l'hiver ou le printemps du fait des débits encore importants et des turbinages répétés des barrages en amont. Nous avons donc profité d'une période de maintenance sur le barrage à la fin du mois de juin pour effectuer cette campagne de jaugeage. Cela a permis de s'affranchir des problèmes de lâchers d'eau lors des jaugeages.

Dans le cas de la Beaume, il s'agissait de prouver l'existence de possibles pertes de la Beaume dans la traversée des Gorges.

La localisation des Jaugeages est présentée sur la figure 110.

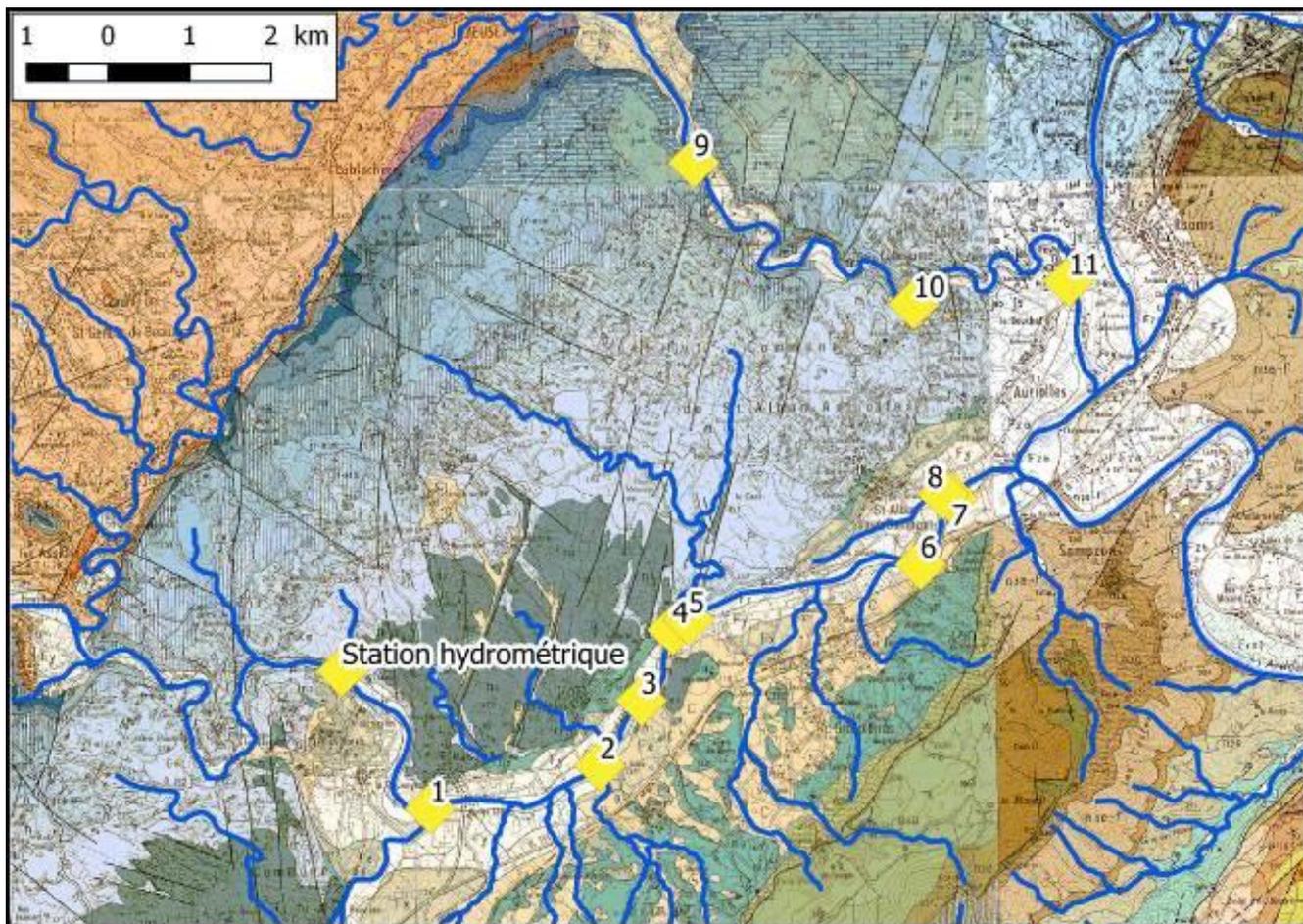


Figure 110 : Sites de jaugeages de la campagne du 21 juin 2016

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après et illustrés sur les Figure 111 et Figure 112.

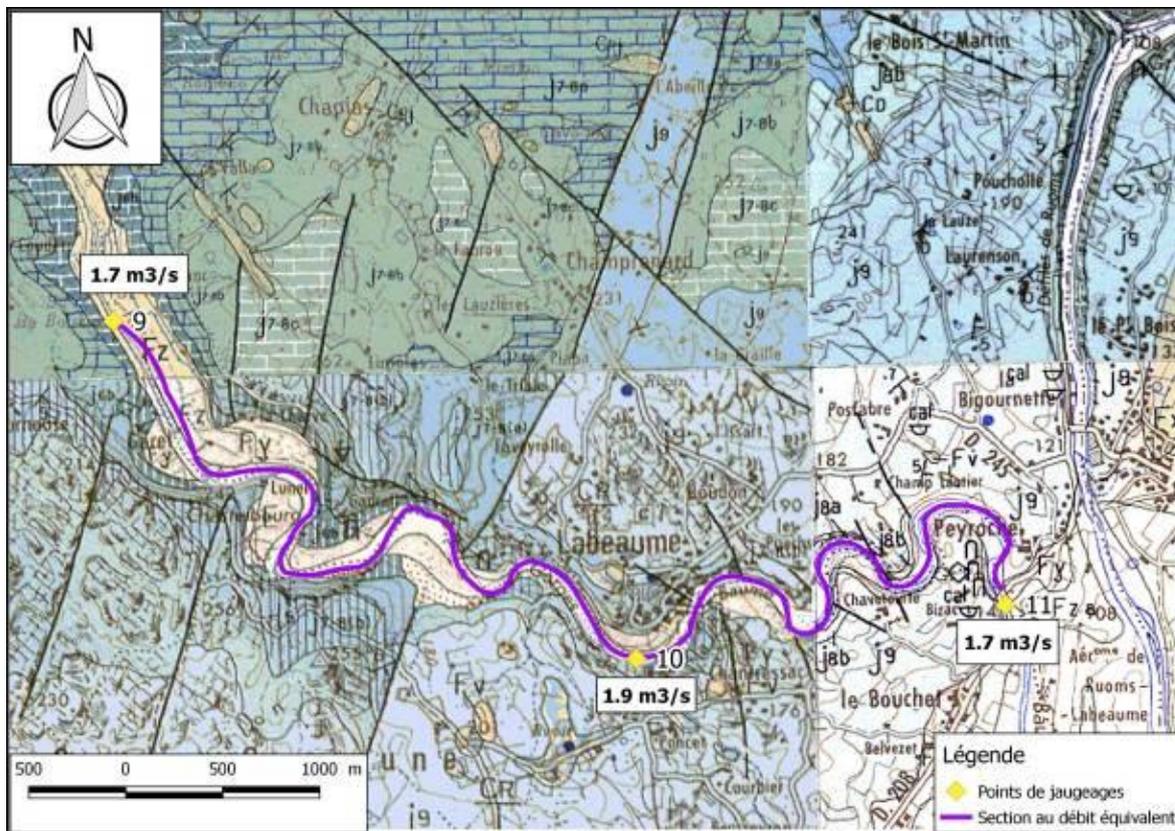
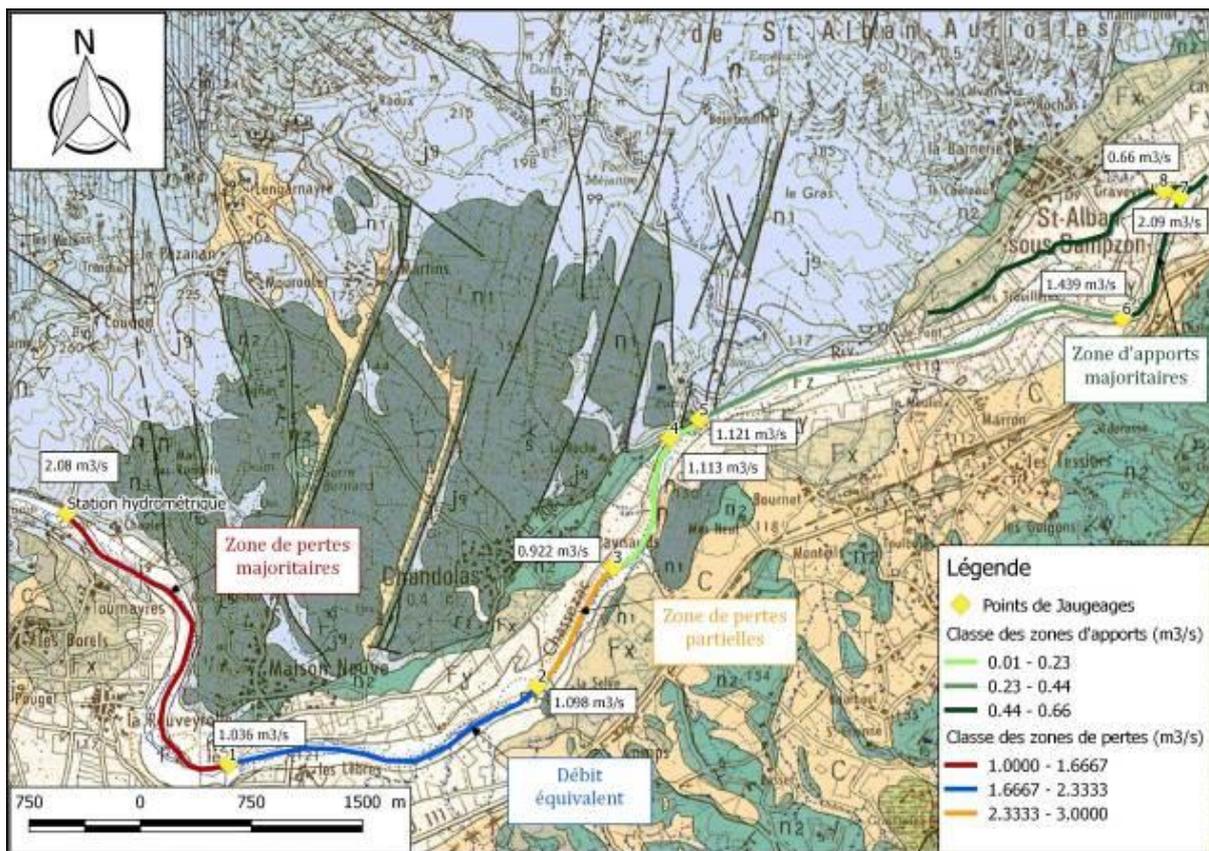
Sites	Id Jaugeage	Q m ³ /s	Heure
Chalet plage		1,7	5h45
Amont Pont Maisonneuve	1	1,036	6h30-7h
Selve	2	1,098	7h30-8h
Jaugeage 2015 (Les Reynauds)	3	0,922	7h30-8h15
Amont Rocher Vierge	4	1,113	8h30-9h
Ranc d'Avène	5	1,121	9h-9h30
Gerbial	6	1,439	8h45-9h45
Amont Confluence Ru Fontaines	7	2,09	10h15-11h
Ru des Fontaines	8	0,66	10h15-10h40
Beaume Amont (Aval Boissin)	9	1,698	14h35-15h35
Beaume inter (Labeaume)	10	1,96 corrigé	11h30-12h
Beaume aval (Peyroche)	11	1,714	11h-11h30

Tableau 24 : Résultats des jaugeages sur le Chassezac et la Beaume le 21 juin 2016

Plusieurs zones de pertes et d'apports ont donc pu être identifiées :

- ➔ Zone de perte entre Chalet et Les Reynauds (Les résultats des jaugeages entre l'amont du pont de Maisonneuve et la Selve sont considérés comme équivalents. La différence entre les deux mesures est relative à l'incertitude globale de 5%) Cette zone représente un débit total de pertes de 1,16 m³/s.
- ➔ Zone d'apport entre Les Reynauds et la confluence avec le ruisseau des Fontaines. Cette zone représente un débit total d'apport de 1,828 m³/s.

Un rapport de la DIREN datant de 1993 avait également mis en évidence une zone de perte entre l'aval du pont de Maisonneuve et les Reynauds. Les travaux entrepris consistaient en la remise en eau du lit du Chassezac à partir du pont de Maisonneuve. Cependant, l'objectif n'a jamais été atteint. Il semblerait que sur certaines zones (notamment en amont du Rocher de la Vierge) une partie de l'écoulement se soit fait de façon sub-souterraine (alluvial ou karstique, aucune conclusion n'a été donnée) et qu'il faille d'abord saturer ces zones avant de pouvoir observer un écoulement dans le lit du Chassezac.



Les jaugeages de la Beume sembleraient indiquer un gain faible de débit de la Beume ($0,2 \text{ m}^3/\text{s}$) grâce à des sorties du karst dans les gorges amont jusqu'au village de Labeaume, puis une perte équivalente en débit ($0,2 \text{ m}^3/\text{s}$) jusqu'au point de jaugeage Peyroche. Cependant ces mesures ne permettent pas de conclure avec certitude sur ces possibles zones de pertes ou d'apports.

En effet, les écarts observés ($0,2 \text{ m}^3/\text{s}$) entre les 3 sites de jaugeage d'amont en aval s'inscrivent dans la précision des mesures. A noter que nous avons utilisé un courantomètre différent pour la station intermédiaire (n°10).

f. Piézométrie du karst

A ce jour, nous ne disposons d'aucun suivi piézométrique sur cette unité. Nous pouvons toutefois citer les niveaux piézométriques sub-affleurants des forages de Gerbial au cours de ce traçage et ceux historiquement mesurés :

- **Forage FG1 le 17/05/2016 = -1,7 m/Tn** ; le 25/07/2012 = -1,63 m/Tn
- Forage FG2 le 25/07/2012 = -0,8 m/Tn

En complément, nous disposons des niveaux piézométriques des puits exploités par le SEBA, avec pour le puits des Fontaines un niveau statique à l'étiage 2010 proche de -2 m/Tn, et pour les puits du champ captant des niveaux statiques à l'étiage 2010 proches de -3 m/Tn.

Etant donné l'importance du site de production de Gerbial, il serait intéressant d'effectuer une piézométrie dans la partie basse de la terrasse alluviale de St-Alban-Auriolles afin de mieux comprendre le fonctionnement hydrogéologique du site entre hautes eaux, et basses eaux (conformément aux propositions d'études complémentaires faites au SEBA en 2010 et 2012. Ces études complémentaires seront donc reprises dans ce présent rapport pour la ZSE St-Alban-Auriolles.

Suite à la campagne de nivellement effectuée par les bureaux d'études, l'altitude (en m NGF) des exurgences actives lors de la crue du 10 et 11 mai 2016 a pu être synthétisée sur la carte présentée sur la Figure 113.

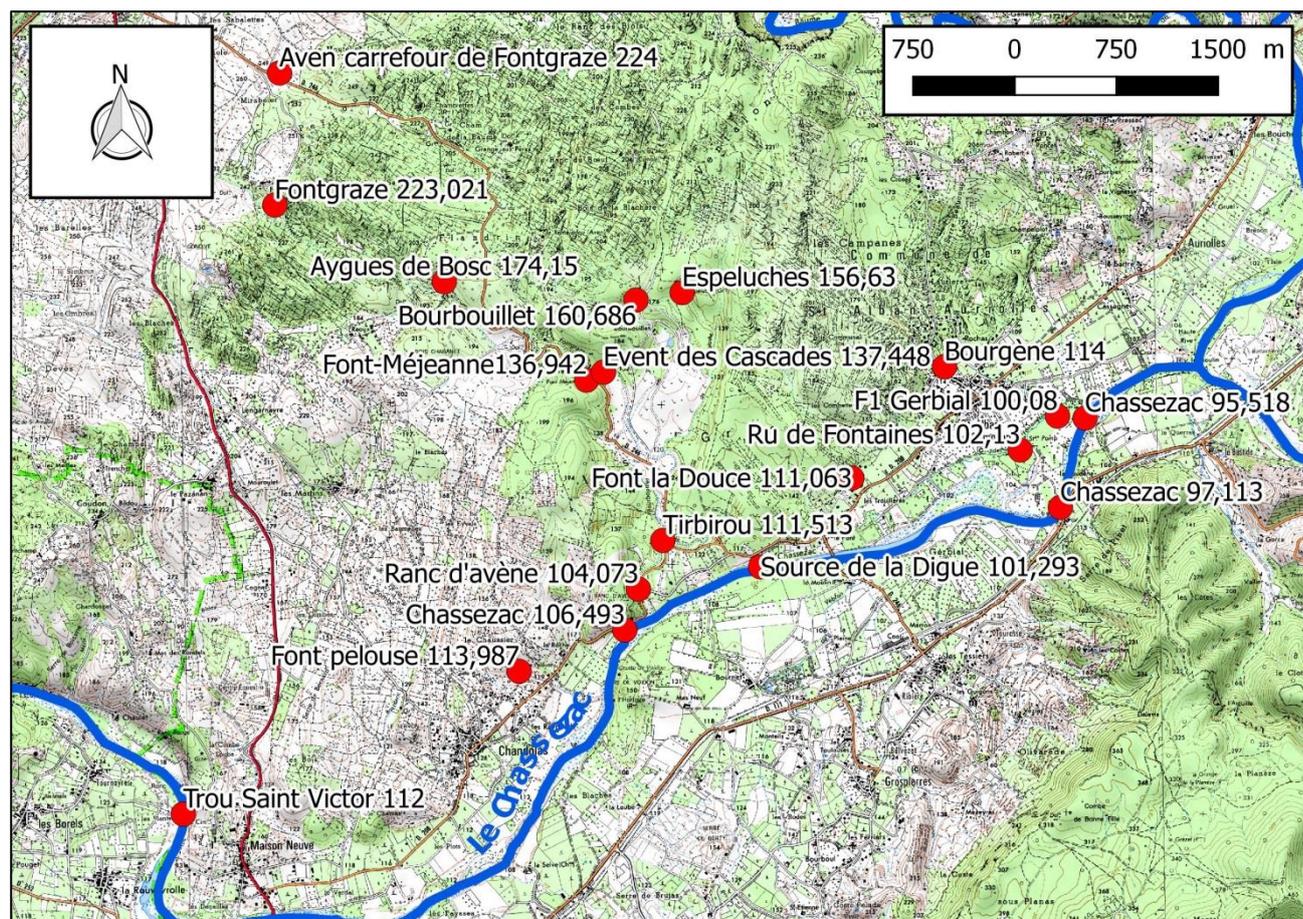


Figure 113 : Carte des altitudes (en m NGF) des exsurgences lors de la crue du 10 et 11 mai 2016 (BE RABIN)

g. Débits d'exploitation

Voici les débits d'exploitation du SEBA sur le site de Gerbial / Les Fontaines (selon les données recueillies par le cabinet RABIN en 2010 et 2012 lors des études hydrogéologiques pour le compte du SEBA) :

- Champ captant de la Gorce : P2 (non équipé en 2010) ; P3 (60 m³/h) ; P5 (non équipé en 2010 mais équipé à nouveau selon nos observations en mai 2016 Q pompage ? NB : débit exploitable du P5 définit en 2010 à 30 m³/h) ; le débit exploitable pour l'ensemble du champ captant avait été définit en 2010 à 105 m³/h)
- Puits des Fontaines (110 m³/h)
- Forage de Gerbial FG1 et FG2 (respectivement 133 et 135 m³/h)

D'une manière globale le site de Gerbial disposait en 2012 d'une capacité de production de 350 m³/h (≈97 litres/secondes). **La productivité totale du site (testée par pompage) étant dans l'état actuel des ouvrages exploités d'un maximum de 615 m³/h.**

h. Conductivité

Nous disposons des données de conductivité suivantes :

- Les chroniques des sondes de l'Université de Montpellier et de l'Association Païolive (en partenariat avec l'Université de Montpellier) à Bourbouillet, Ranc d'Avène et Puits Pelouse, de début janvier à fin juin 2016.
- Une chronique à l'aven de Fontenille du 1er au 7 avril 2016 et de la conductivité du Chassezac du 1er au 4 avril.
- Des mesures ponctuelles effectuées lors des visites de terrain sur la durée du traçage.

Les conductivités mesurées représentatives des points d'eau sont synthétisées sur la figure Figure 114 suivante :

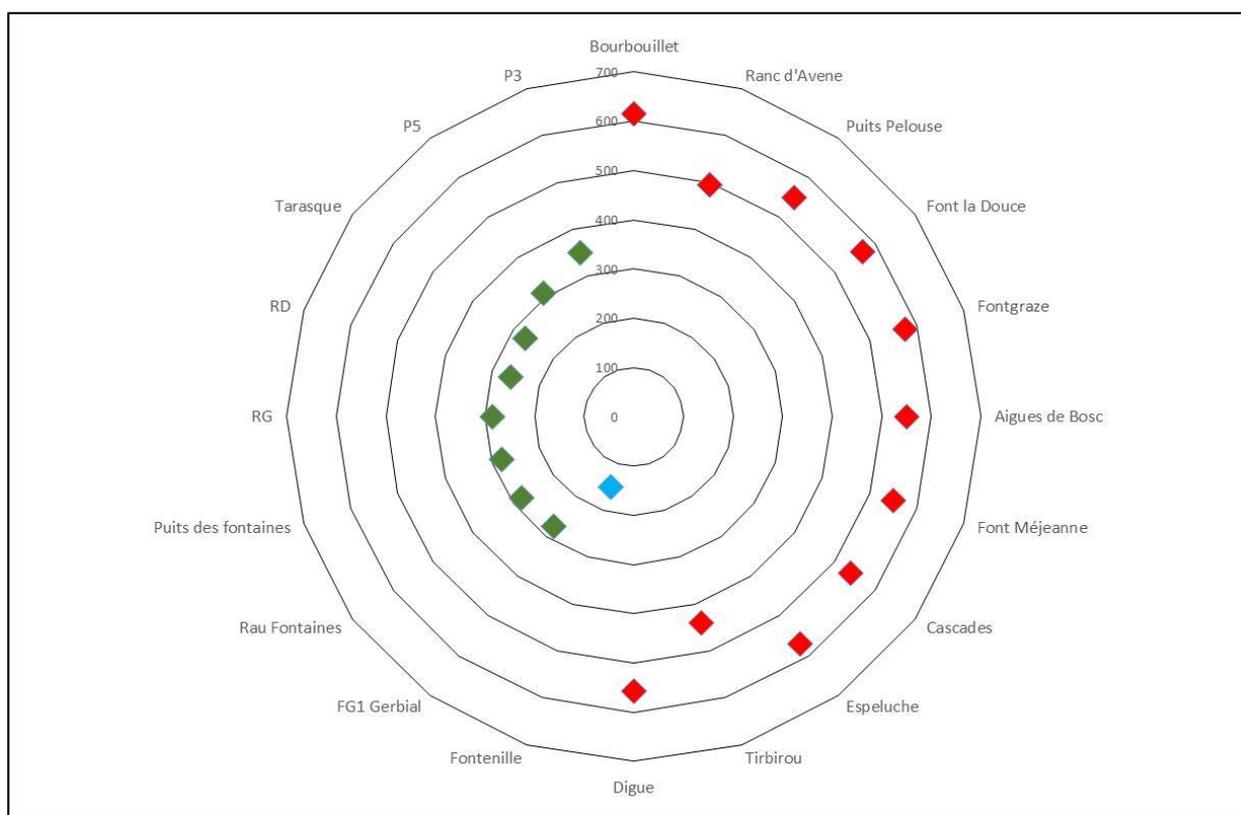


Figure 114 : Conductivité moyenne des points d'eau sur la période du traçage

- Le « **pôle karstique** » avec des conductivités moyennes de 450 à 620 µS/cm
- Le « **pôle alluvial** », compris entre 200 et 300 µS/cm.
- Et le « **pôle eau superficielle** » aux environs des 100 µS/cm pour l'Aven de Fontenille (NB : les conductivités du Chassezac et de la Beume sont habituellement comprise entre 60 et 140 µS/cm).

Concernant le karst :

Les sources de Tirbirou et Ranc d'Avène présentent les valeurs les moins minéralisées pour le pôle karstique, alors que Bourbouillet a la conductivité la plus élevée avec plus de 600 µS/cm. Ces trois sources se démarquent au sein d'un ensemble karstique d'une minéralisation très homogène.

Les mesures effectuées sur le karst sont résumées sur les graphiques suivants :

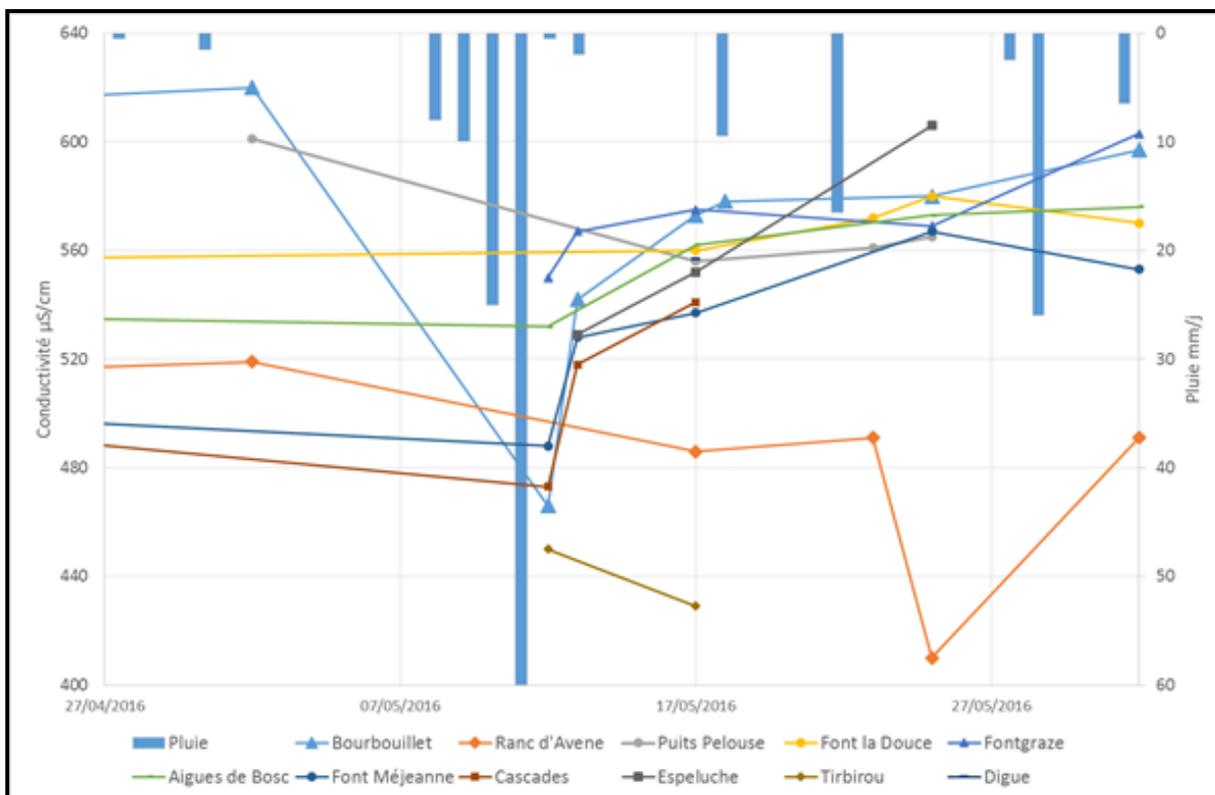
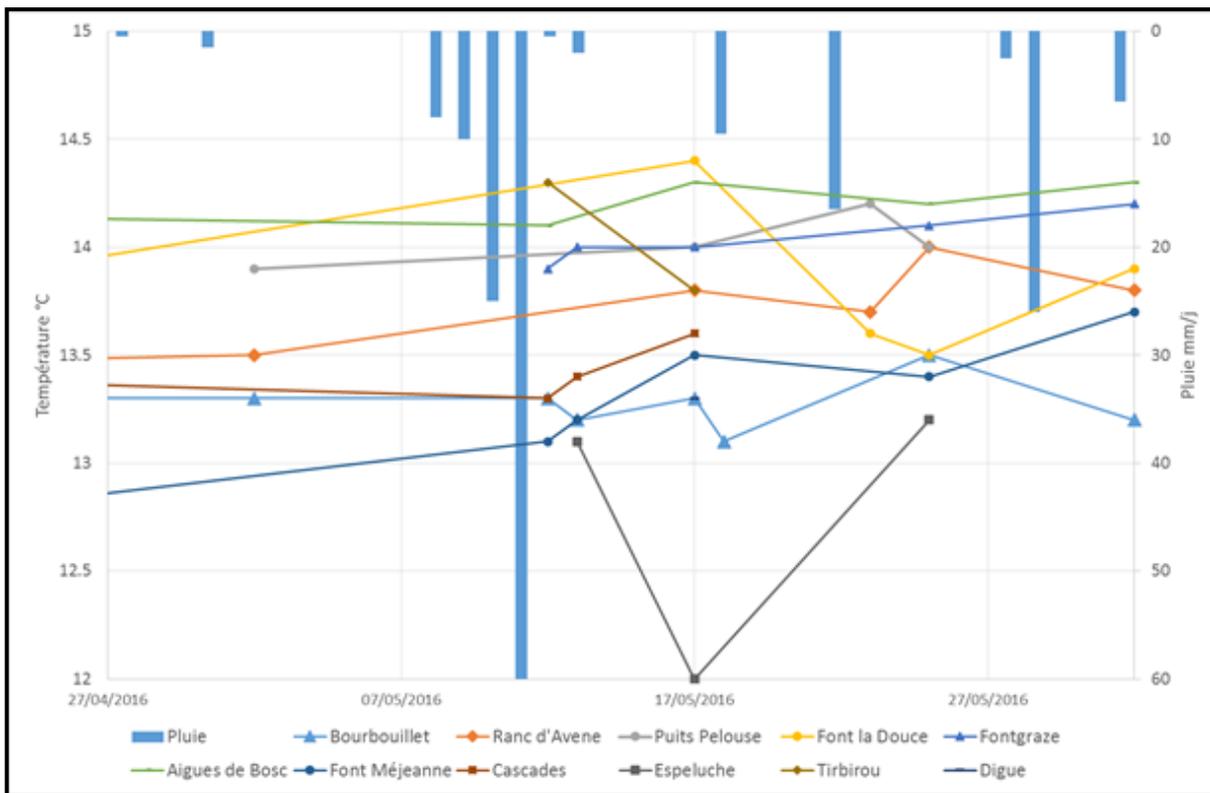


Figure 115 : Conductivités et températures mesurées lors des tournées du 2/05 au 30/05/2016

Sur la période du traçage, on observe que la plupart des sources karstiques réagissent similairement à la pluie (au vu des données disponibles de la station Météo France de Rosières), avec une baisse de la conductivité issue de l'apport d'eau récente puis une re-minéralisation progressive dans le karst (le premier pic positif de conductivité en début de crue n'est pas visible à cause du suivi).

A noter une probable erreur de mesure pour Ranc d'Avène le 25 mai.

Concernant la température mesurée sur site, on constate pour la plupart des sources karstiques une augmentation très progressive de celle-ci traduisant le confinement karstique.

Les points d'eau localisés sur la terrasse alluviale de St-Alban ont logiquement tendance à diminuer en réaction aux épisodes pluvieux :

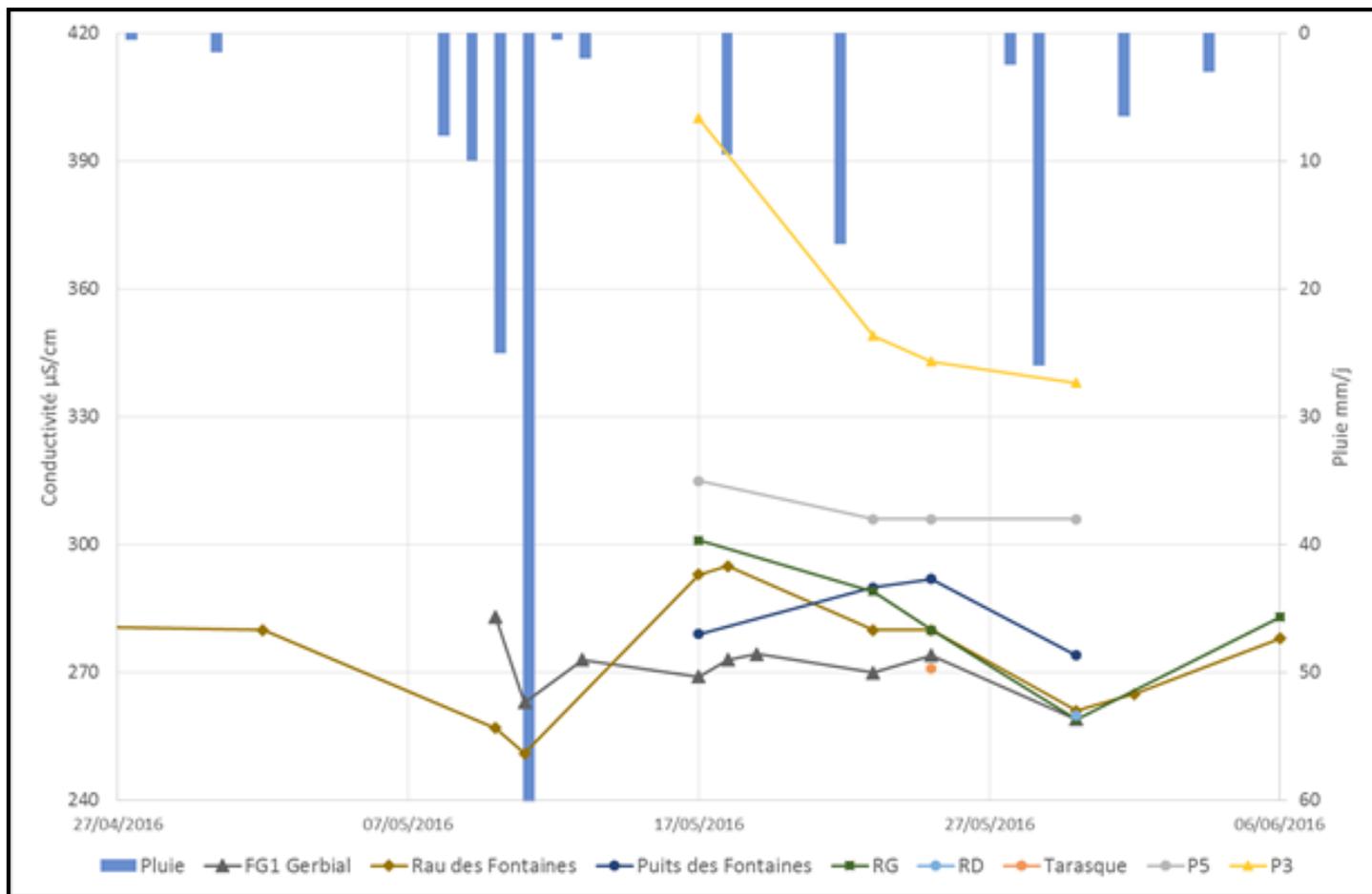


Figure 116 Conductivité in-situ des points d'eau situés sur la terrasse alluviale de St-Alban – mai/juin 2016

On constate que les conductivités du ruisseau des Fontaines et du Forage 1 de Gerbial marquent un pic négatif au moment de la crue témoignant de la relation étroite que ces points entretiennent avec les pertes du Chassezac moins minéralisées. Cependant, on constate que le Puits P3 (puits du SEBA directement dans les alluvions) se démarque des autres points avec une conductivité à 400 µS/cm lors des premières mesures, peu de temps après la crue : ceci pourrait s'apparenter à une influence karstique sous alluviale localisée tout proche du puits. Lors de la campagne de pompage d'essai réalisée par le BE RABIN en 2010, la conductivité du P3 oscillait autour de 275 µS/cm.

Hormis le puits P3, les conductivités des points d'eau situés sur la terrasse alluviale de St-Alban sont toutes relativement proches de l'ordre de 250 à 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Concernant la température des points de la terrasse alluviale, le forage F1 de Gerbial se démarque avec une importante montée de température au moment de la crue. Attention : il est possible que cette mesure ait été influencée par les conditions climatiques car les ouvrages sont régulièrement envoyés durant les crues.

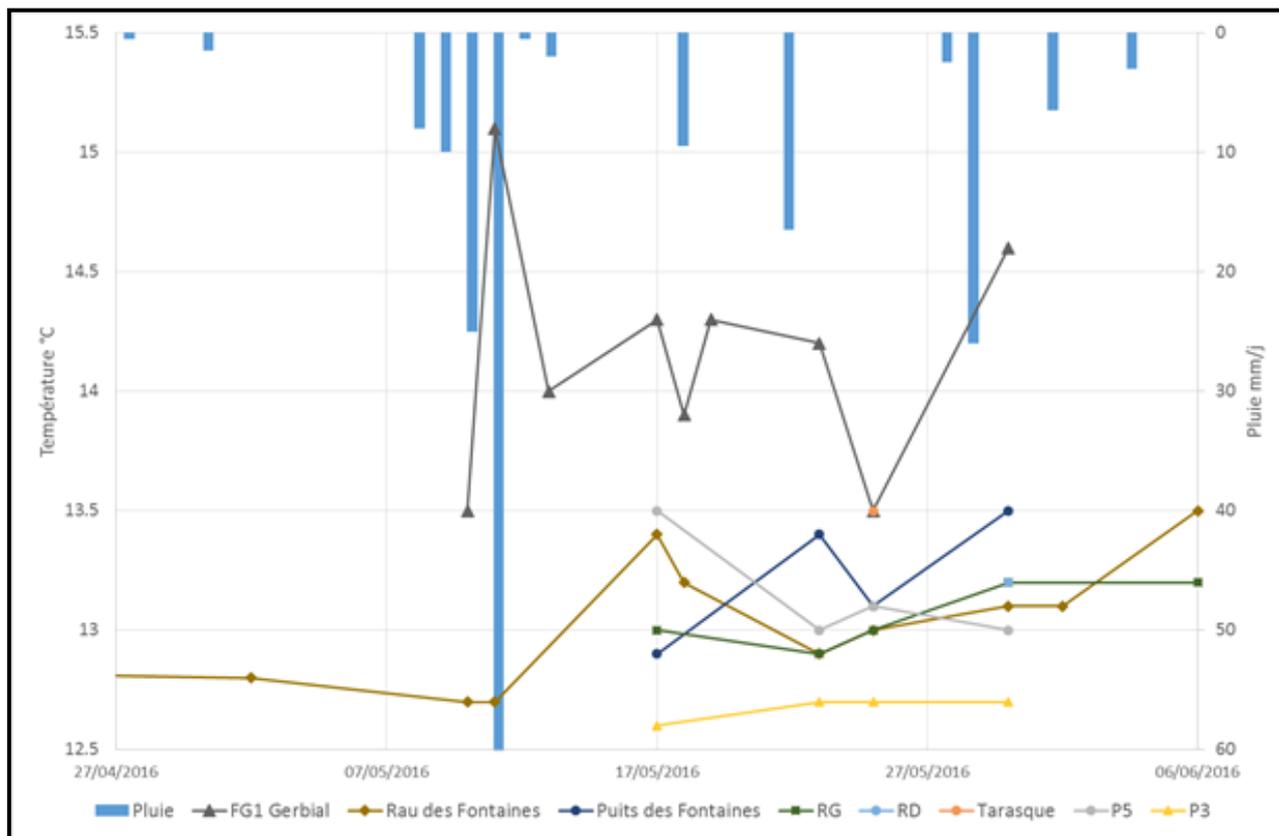


Figure 117 *Température in-situ des points d'eau situés sur la terrasse alluviale de St-Alban – mai/juin 2016*

Les chroniques d'enregistrement en continu apportent une vision complémentaire :

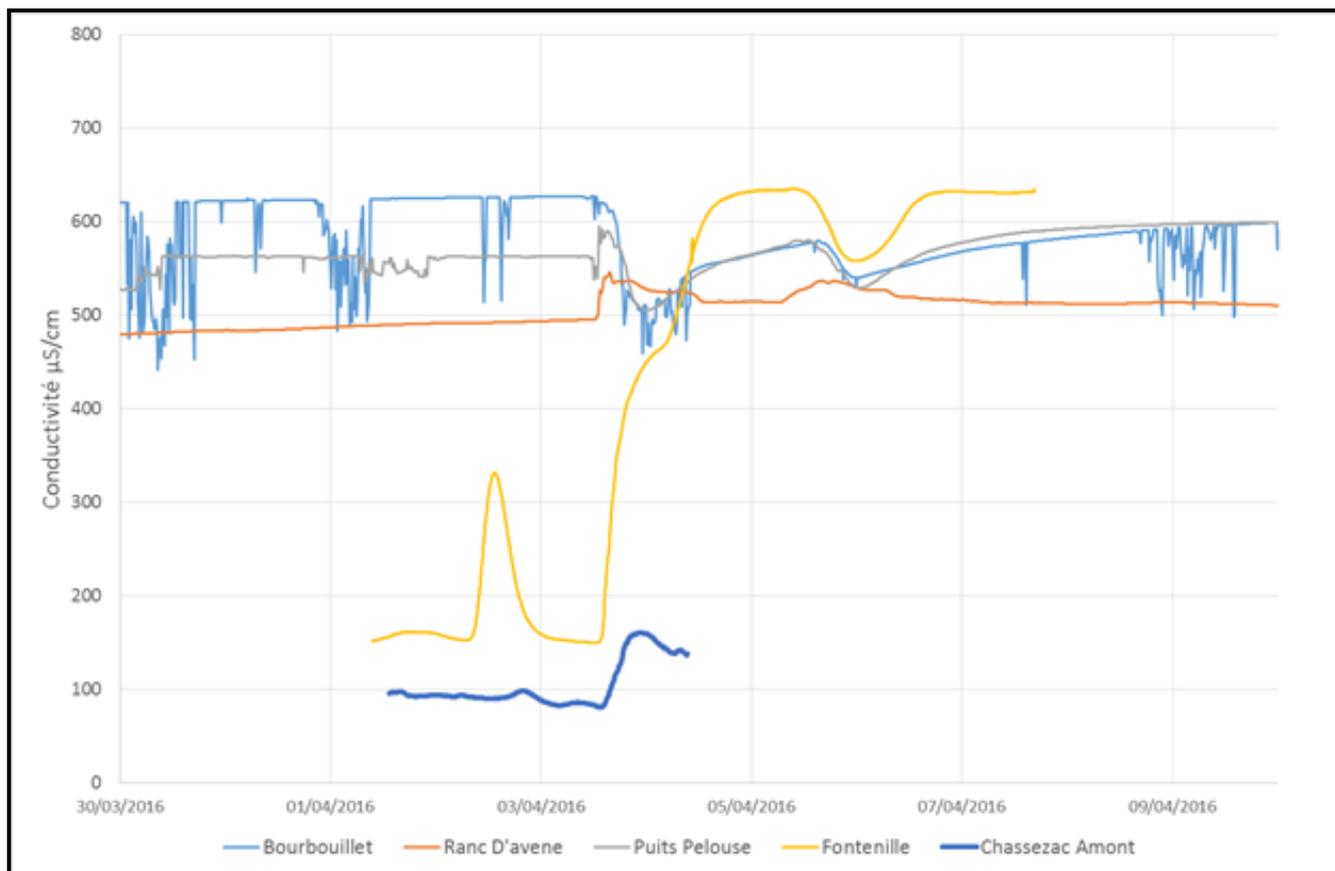


Figure 118 Chronique de conductivité lors de la crue du 3 avril 2016

On constate sur ce graphique que Bourbouillet et Puits Pelouse ont un fonctionnement similaire de type karstique, alors que Ranc d'Avène suit un fonctionnement inverse : ceci traduit donc que la source du Ranc d'Avène draine un réseau karstique quelque peu différent, mais en période de crue elle draine également une partie des eaux souterraines en lien avec le système karstique de Bourbouillet (via les pertes de ruisseau et/ou en souterrain).

A noter sur ce graphique la forte augmentation de conductivité de l'Aven de Fontenille. Le premier pic correspond à un traçage au sel injecté depuis le Trou St Victor le 01/04/2016 (perte du Chassezac qui alimente l'aven en direct après un trajet de 1800 m), mais le second pic correspond à la crue.

On note l'influence des pluies sur le karst de Bourbouillet ainsi qu'à Puits Pelouse (pics négatifs des conductivités) qui coïncide avec une augmentation brutale de la conductivité à Fontenille. Cette augmentation brutale de conductivité à Fontenille témoigne ainsi de l'apport très majoritaire du karst en période de crue (NB : on passe de 150 à 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$, et l'on observe une mise en charge allant jusqu'à 6,5 m dans cet aven appelé aussi « regard sur le Chassezac souterrain »).

Le graphique de la Figure 119 permet d'étayer les observations faites lors des prises de mesure des conductivités avant et après crue sur quelques points d'eau de l'unité St-Alban :

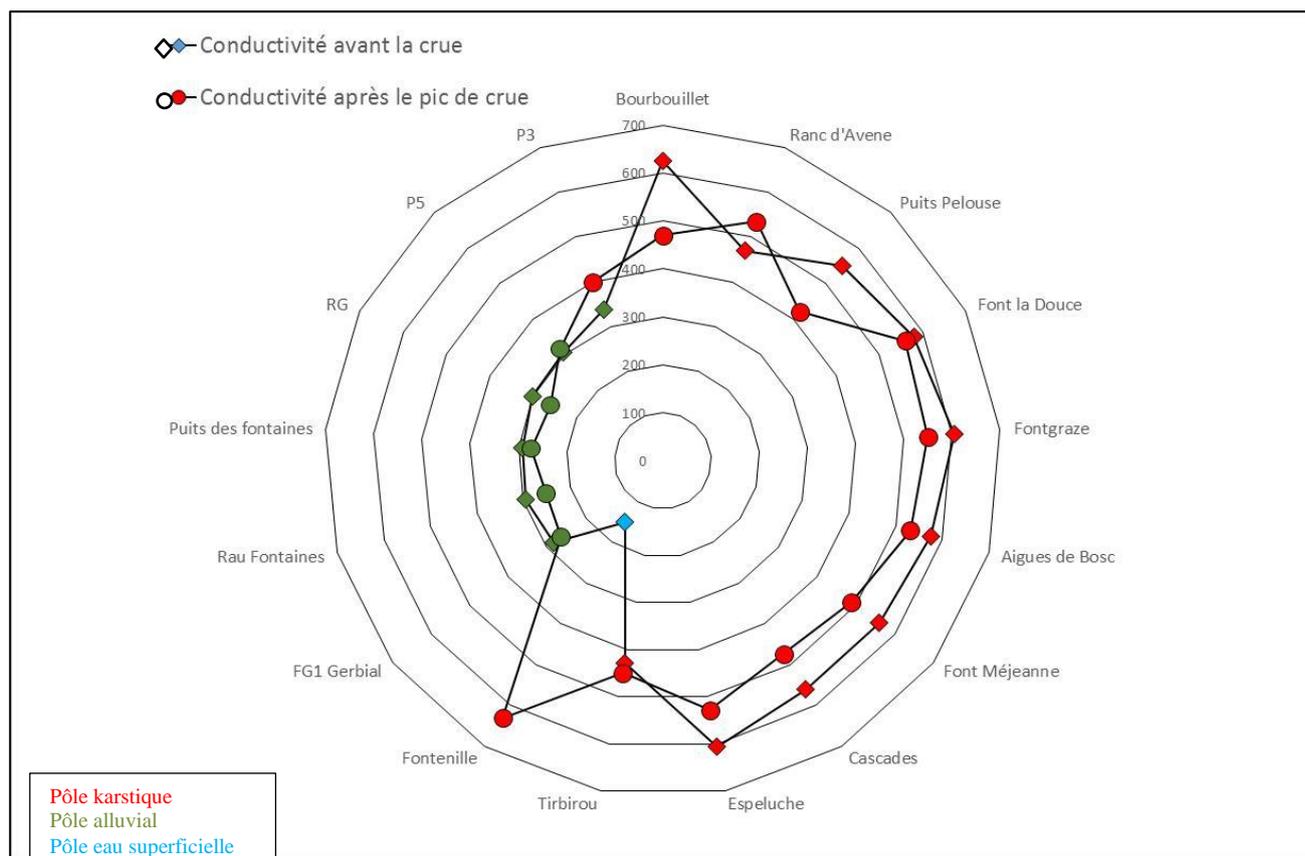


Figure 119 Résumé des différentes réactions en conductivité des points d'eau lors d'une crue

On observe pour la plupart des points d'eau une diminution de la conductivité, qui a pour origine une recharge rapide de l'aquifère. Certains points dérogent à cette règle :

- l'aven de Fontenille témoigne (comme vu plus haut) d'une forte alimentation du karst pendant la crue (observation transposable à Tirbirou et Ranc d'Avène avec pour ces deux points d'eau l'apport du karst de Bourbouillet un peu plus minéralisé).
- pour les points de la terrasse alluviale, les plus fortes minéralisations après crue aux puits P3 et P5 avec un possible apport karstique sous alluvial localisé.

i. Données des sondes reefnet

Les niveaux d'eau et la température des rivières Beaume et Chassezac et du ruisseau des Fontaines ont été suivis par les reefnets du CDS07 et par les stations de mesures existantes de Rosières et Chaulet (hydroréel).

La hauteur et la température de l'eau du karst ont été suivies par les reefnets du CDS07 au Tirbirou, à l'évent des Cascades, à la Rainette (2 siphons suivis) et à l'aven de Fontenille. Les sondes de l'Université de Montpellier et de l'Association Païolive ont suivi ces deux paramètres ainsi que la conductivité à Bourbouillet, Ranc d'Avène et Puits Pelouse.

A noter un suivi de la pluviométrie à Rosières (disponible sur la plateforme hydroréel) sur la période du traçage.

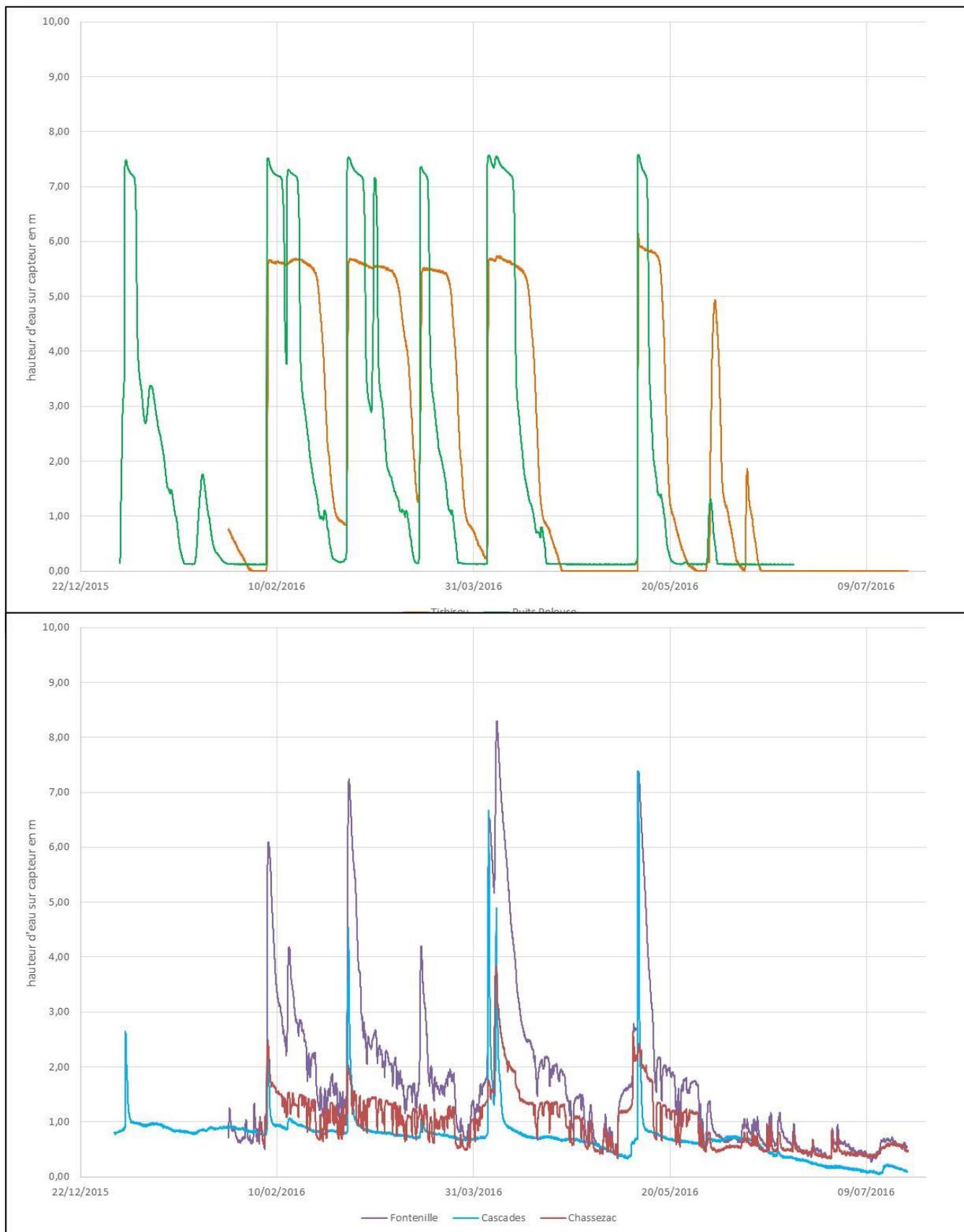


Figure 120 Suivi continu de hauteur d'eau sur les cours d'eau et le karst

On note dans un premier temps que les cours d'eau superficiels ont des régimes différents. La Beume et le ruisseau des Fontaines ont un régime naturel alors que le Chassezac est impacté par des barrages hydroélectriques en amont. Le niveau d'eau du Chassezac subit des variations quasi-quotidiennes de 10 à 80 cm. Hormis ces amplitudes anthropiques, Le Chassezac, la Beume et le ruisseau des Fontaines suivent globalement les mêmes tendances de variations de hauteur d'eau, directement influencées par les conditions météorologiques.

Le seul point karstique directement influencé par les variations du Chassezac est l'aven de Fontenille, alimenté, en période d'étiage, par les pertes du Chassezac à Maisonneuve. L'aven de Fontenille réagit aux crues avec une mise en charge plus accentuée que celle du Chassezac du fait de l'étranglement du réseau.

Les autres points du karst sont uniquement influencés par les conditions météorologiques :

Le Rainette et l'évent des Cascades réagissent globalement comme des points d'eau superficielle, avec des pics de crue brefs et des baisses de niveau progressives entre deux épisodes de crue. Bourbouillet et Ranc d'Avène suivent les mêmes variations mais avec des mises en charge apparemment moins importantes, parce que les capteurs sont situés à proximité de l'exutoire et pas dans le réseau souterrain.

Deux points karstiques se démarquent : Tirbirou, qui a un seuil de débordement haut et qui stocke l'eau de crue sur une dizaine de jours ; et Puits Pelouse, qui a aussi un seuil de débordement haut mais une durée de stockage plus brève (trois ou quatre jours).

Ces différentes réactions sont clairement visibles sur la période de traçage :

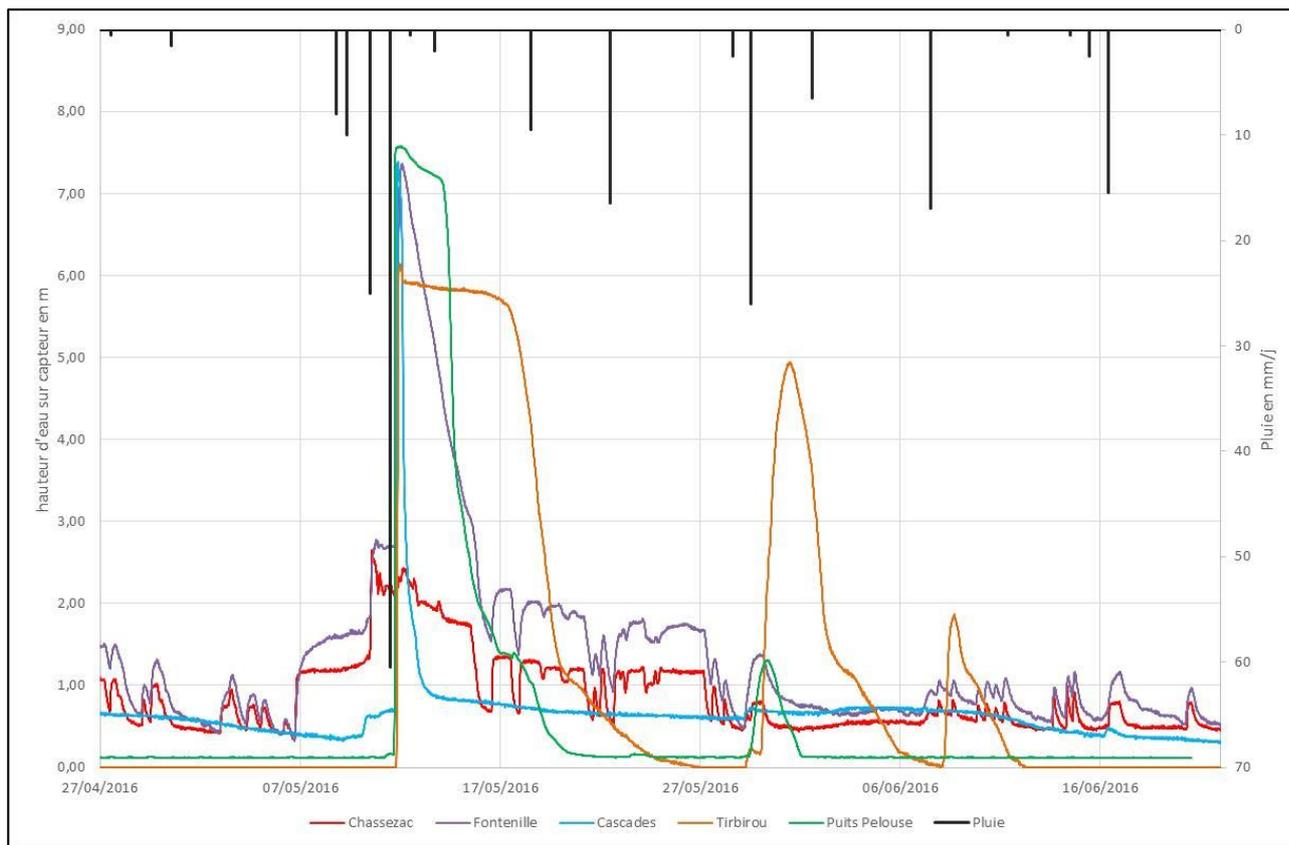


Figure 121 Suivi sur la période de traçage de la hauteur d'eau des cours d'eau et du karst

On retrouve en effet les variations anthropiques du Chassezac à l'Aven de Fontenille et les différentes réactions des points d'eau karstiques.

Le suivi en continu de la température de l'eau éclaire un peu plus sur le fonctionnement du karst :

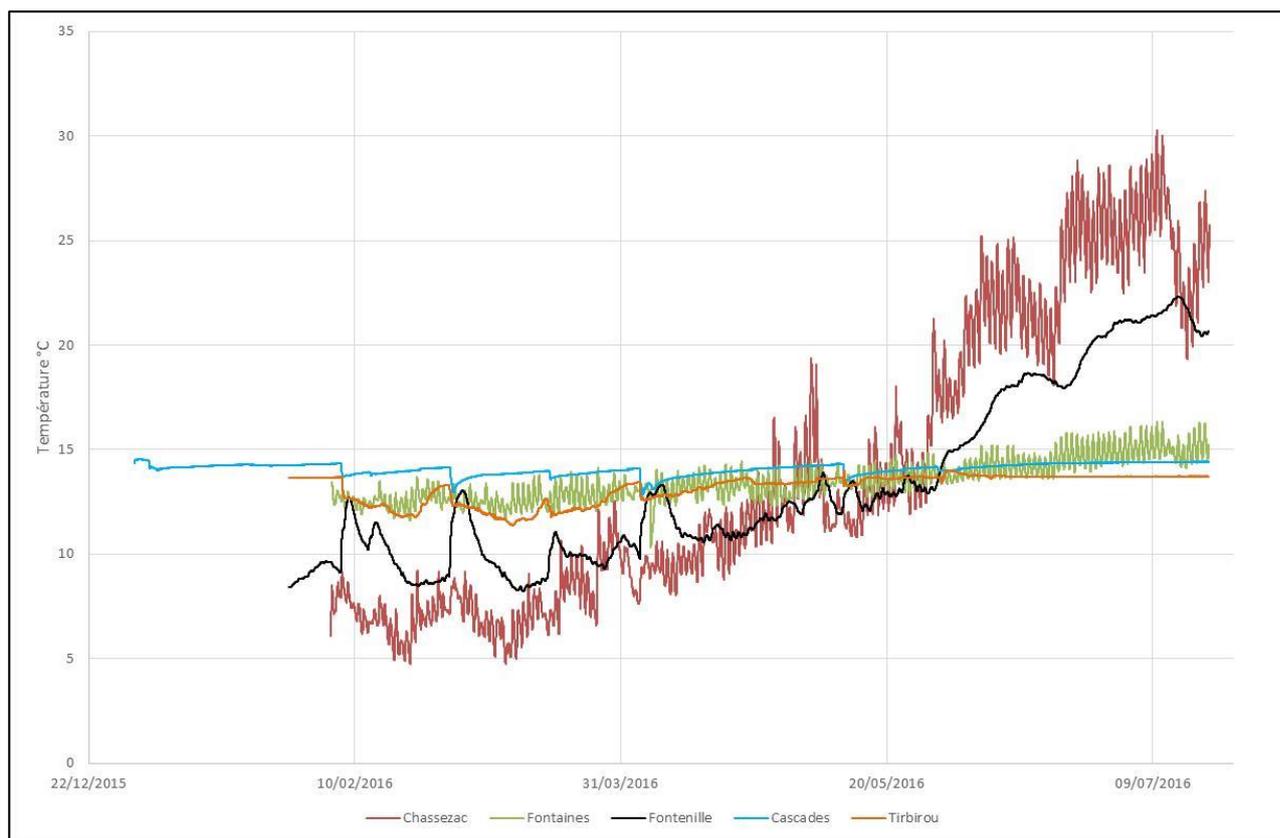


Figure 122 Suivi en continu de la température sur les cours d'eau et le karst

On observe deux pôles dans le comportement de la température en fonction du temps :

- Le **pôle rivière** (Beaume et Chassezac), caractérisé par 3 variations sinusoïdales de périodes et d'amplitude différentes : Les variations journalières (1 à 3 °C), saisonnières (de 6 à 23°C pour la Beaume (non tracée), de 5 à 30°C pour le Chassezac) et météorologiques (lors des crues engendrées par les précipitations).
- Le **pôle karst** (Rainette, Bourbouillet, Ranc d'Avène, Puits Pelouse, Cascades), qui ne varie pas ou très peu quotidiennement et annuellement mais qui bouge beaucoup en fonction de la pluviométrie. La température moyenne est d'environ 13 - 14°C (Seul l'Event des Cascades est représenté pour plus de lisibilité).

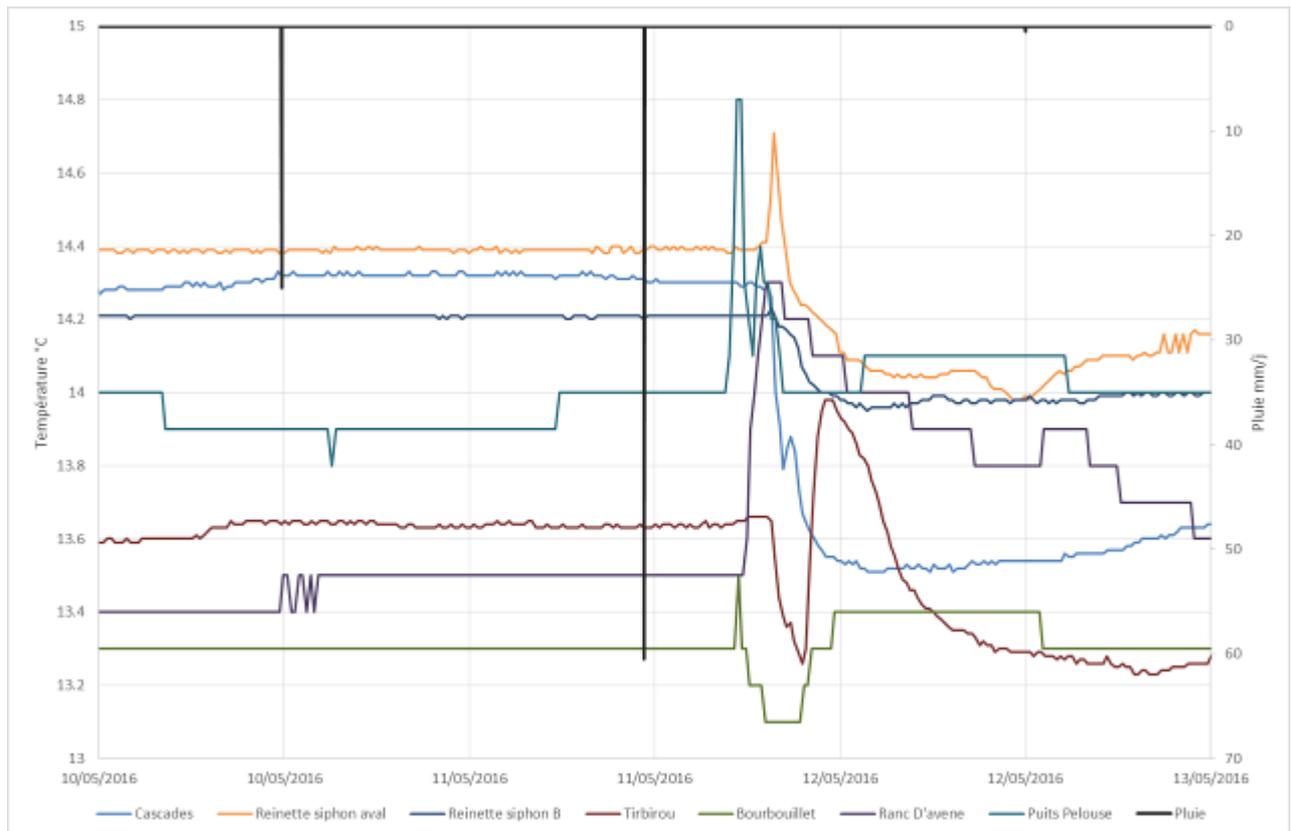
On trouve ici trois comportements intermédiaires :

- **L'aven de Fontenille**. Les 1800 m de trajet souterrain depuis le trou St Victor créent un lissage des variations journalières du Chassezac. Les variations de températures saisonnières sont présentes mais modifiées par le trajet souterrain : L'eau de Fontenille est plus chaude en hiver et plus froide en été que le Chassezac. Elle varie annuellement de 8 à 22 °C. Les variations dues aux crues sont présentes mais influencées par des arrivées d'eau karstiques (cf. partie conductivité).
- **Le ruisseau des Fontaines**. Des variations thermiques d'environ 1°C entre le jour et la nuit sont visibles, de même que les variations dues aux crues, mais les variations annuelles sont faibles

(12 à 16°C) par rapport aux autres cours d'eau, probablement grâce aux nombreuses sources qui donnent naissance au ruisseau ou qui émergent à plusieurs endroits sur toute sa longueur.

- Et Tirbirou, où les variations annuelles sont les plus marquées pour le karst hormis Fontenille (11 à 13,6°C), et qui semble être influencé par la température extérieure (de février à mi-mars, l'eau stockée refroidit progressivement alors qu'à partir de mi-mars elle se réchauffe).

Si l'on observe la température de l'eau souterraine lors de la crue du 10-11 mai 2016, on observe des réponses normales pour le karst :



En effet, la température monte dans un premier temps (effet piston avec mobilisation d'eau karstique ancienne, confinée) puis diminue avec les apports par les précipitations.

VI.7 RESULTATS DE L'ESSAI MULTI-TRACAGE

Les paragraphes suivants synthétisent les principaux résultats obtenus :

VI.7.1 L'ACIDE AMINO G

L'acide amino G a été injecté le 10/05/2016 à l'aven Fontgraze (LABLACHERE). Pour plus de détail sur l'injection proprement dite, se reporter au §V.6.1.

Le passage de l'acide amino G a été identifié à Bourbouillet, Font Méjeanne, Tirbirou et à la source du Ranc d'Avène. Tous les autres points de surveillance ont été négatifs ou jugés négatifs pour ce traceur (les analyses fluocapteurs ne permettent pas d'évaluer le passage de ce traceur), les points positifs reposent donc sur l'analyse des courbes des fluorimètres et sur les prélèvements mis en analyse. A noter tout de même que pour la source d'Espeluche, vue le passage rapide du traceur et l'impossibilité d'accéder librement à l'émergence (la source étant située dans un domaine privé fermé), il n'est pas impossible que l'Acide Amino G soit également passé par cette source (en lien avec la source de Bourbouillet) mais nous ne disposons pas d'analyse pour le démontrer.

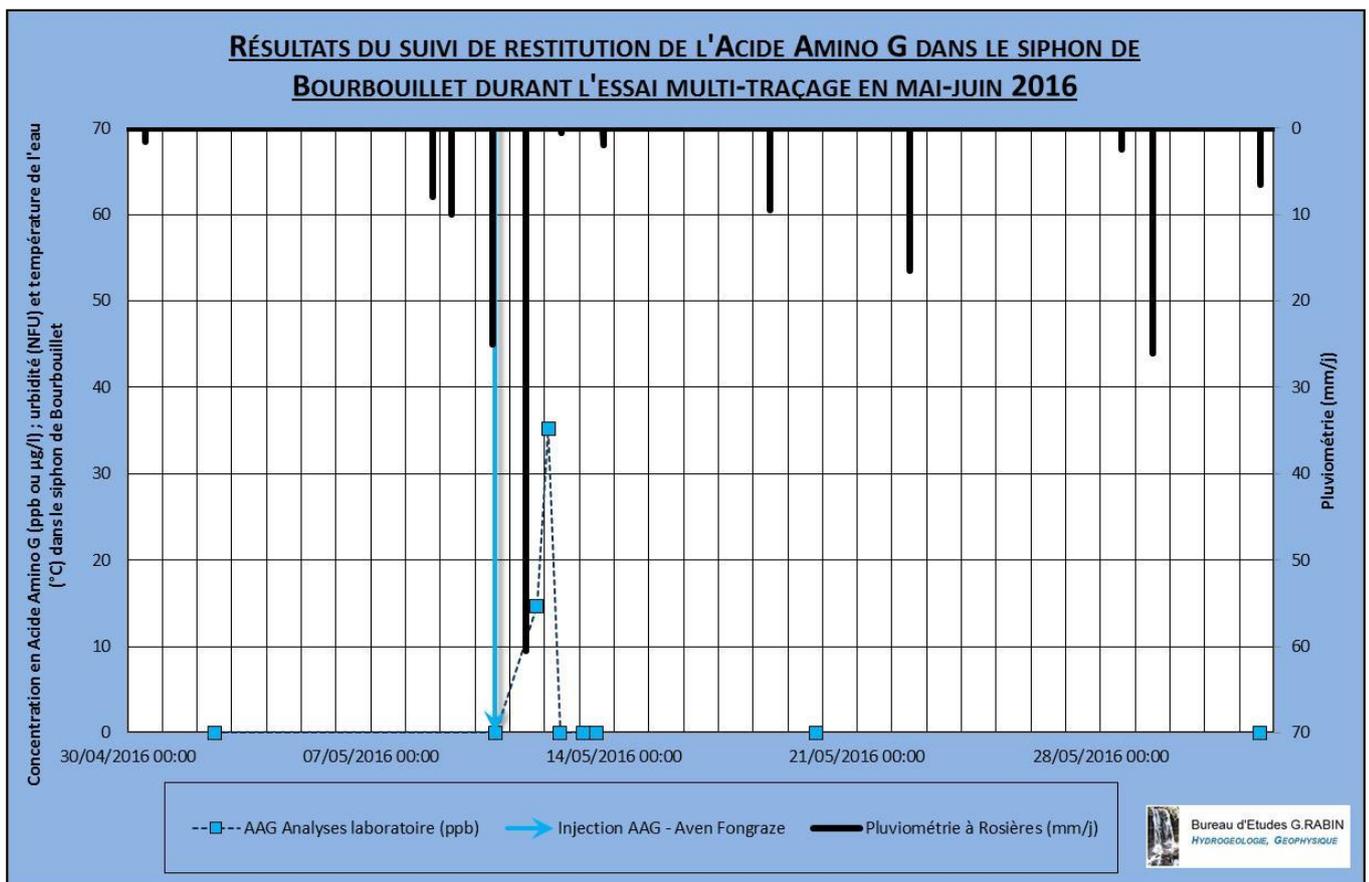


Figure 124 : Résultats du suivi de restitution de l'Acide Amino G dans le siphon de Bourbouillet

On remarque bien que l'acide amino G passe très vite à Bourbouillet, avec un début de pic le 11/05/2016, suite aux évènements pluvieux survenus les 10 et 11/05. Ce pic est très bref avec une montée rapide et une évacuation rapide du traceur.

Voici également un deuxième point de passage de l'AAG : la source de Ranc d'Avène.

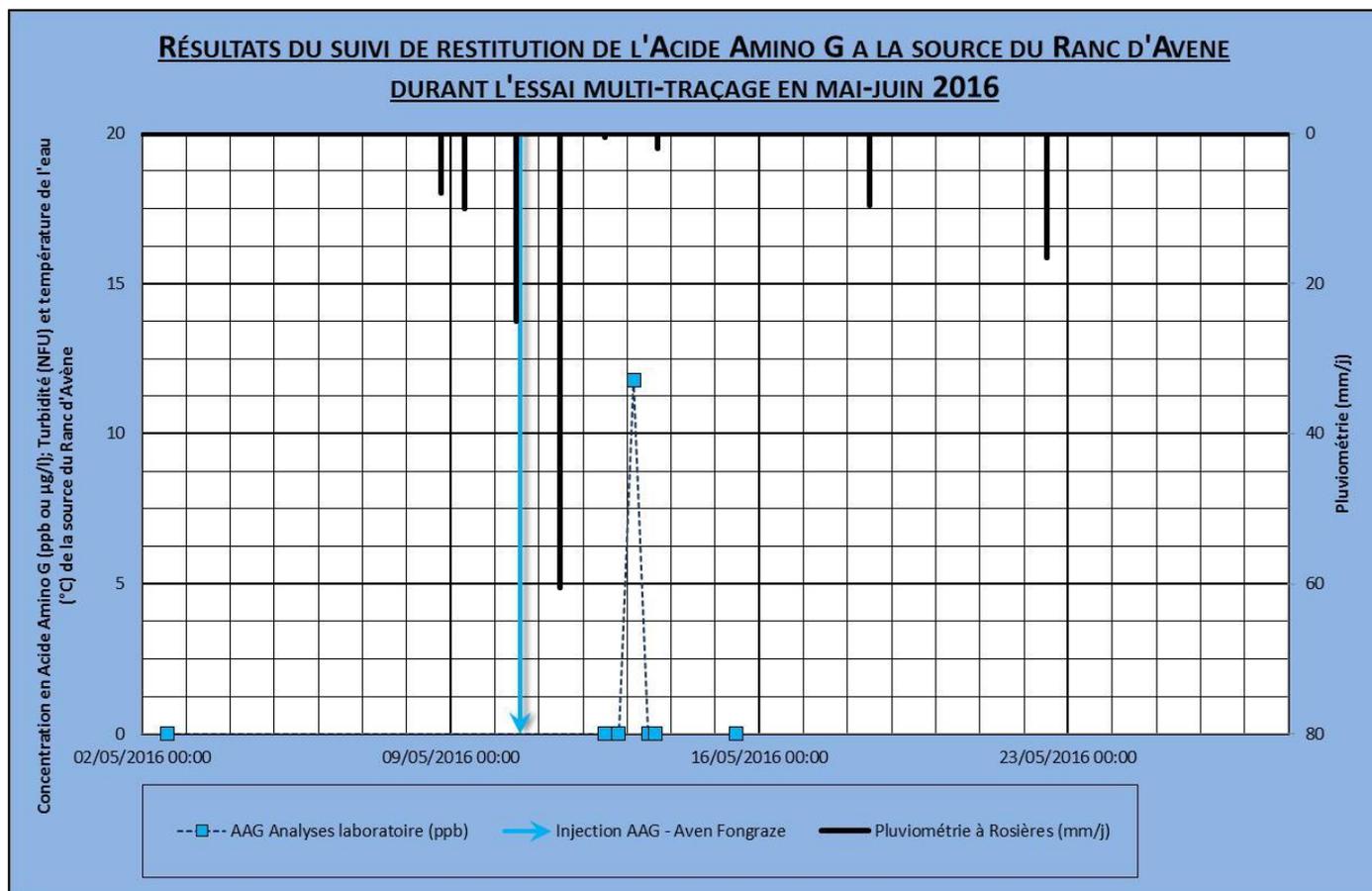


Figure 125 : Résultats du suivi de restitution de l'acide amino G a la source du Ranc d'Avène

On remarque comme pour Bourbouillet, que l'Acide Amino G passe très vite au Ranc d'Avène, avec un pic très bref (1 seule analyse positive le 13/05).

Pour consulter les résultats :

- Des fluorimètres GGUN, se reporter aux Annexe 17s Annexe 34 à Annexe 39;
- Des analyses d'échantillons d'eau par spectrométrie à luminescence, se reporter à l'Annexe 32.

Les courbes de restitution obtenues après traitement des données enregistrées au fluorimètre sont donc non recevables vis-à-vis des résultats analytiques. Par conséquent nous présenterons seulement les données analytiques pour tous les points de passage de l'AAG en Figure 126. Les résultats sont résumés dans le Tableau 25.

VI.7.1.1 Passage du traceur

L'acide amino G injecté le 10 mai 2016 à l'Aven Fontgraze met un peu plus d'1 jour pour atteindre la source de Bourbouillet, un peu moins de 2 jours pour atteindre les réseaux de Tirbirou et de Font Méjanne et un peu plus de 2 jours pour atteindre l'exutoire de la source du Ranc d'Avène. Les temps d'arrivée du traceur sont cohérents d'amont en aval.

Les circulations sont donc ici très rapides, ce qui peut s'expliquer par une poussée très importante favorisée par les pluies qui ont suivi l'injection.

Ci-après les courbes de restitution de l'acide amino G d'après les analyses laboratoire. Nous présentons uniquement les résultats positifs sachant qu'un grand nombre d'échantillons a été mis en analyse.

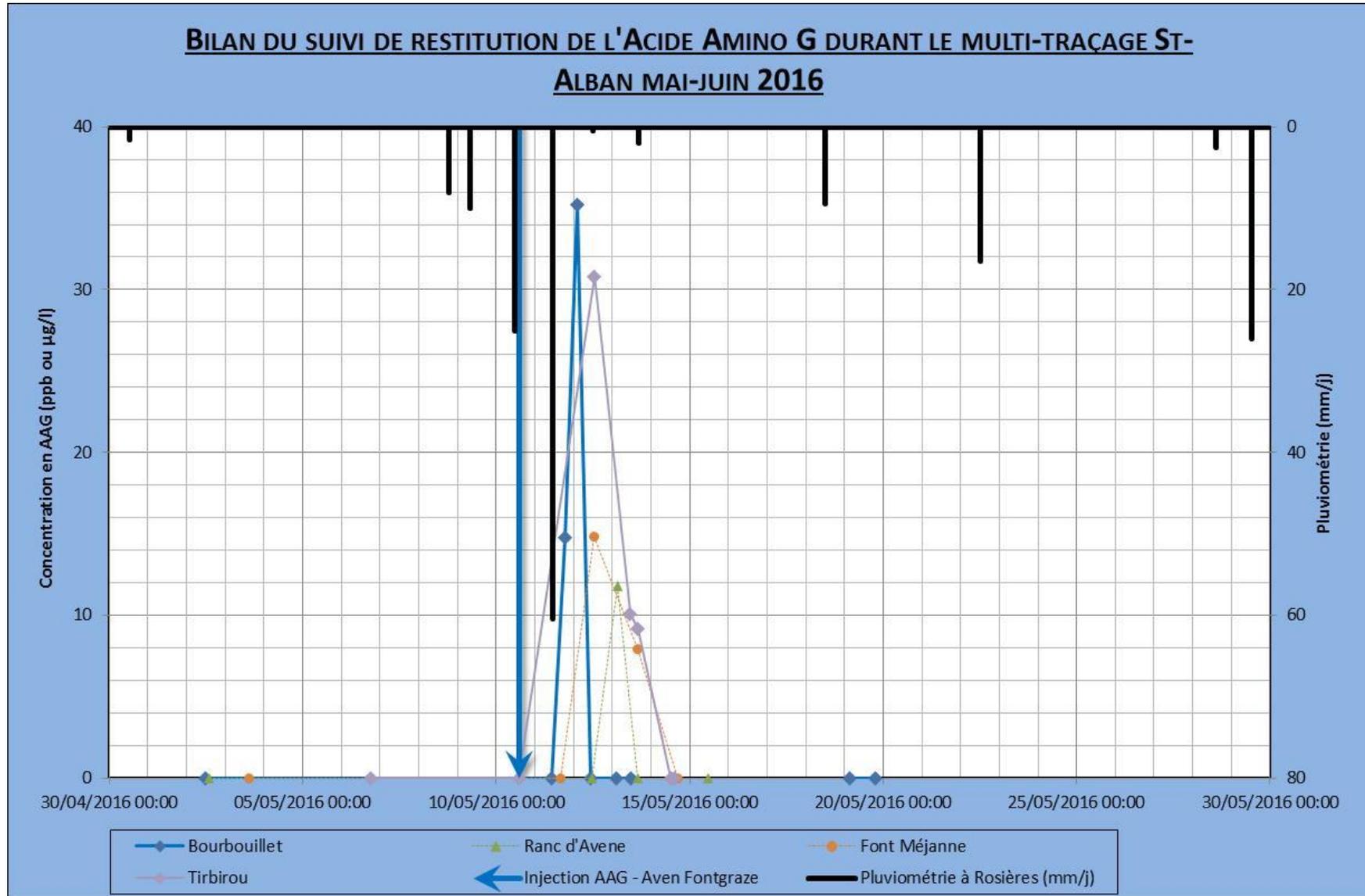


Figure 126 : Courbes de restitution de l'acide amino G

Vues l'allure des courbes, l'acide amino G a été détecté sur quelques points, mais le passage du traceur a été bref et rapide témoin d'une « chasse ».

VI.7.1.2 Masse de traceur restituée

La masse de traceur restituée a pu être calculée grâce aux mesures de débit réalisées sur les sources. Les calculs de restitution se basent uniquement sur les concentrations obtenues par les résultats d'analyses et par des mesures de débits ponctuels (qui ne sont pas obligatoirement représentatifs lors d'épisodes de crues).

Ci-dessous le tableau de bilan pour l'AAG sur le traçage St-Alban :

	Source de Bourbouillet	Source de Font-Méjeanne	Tirbirou	Source du Ranc d'Avene
Date et heure précise de l'injection de l'AAG	10/05/2016 13:52 - 14:07			
Quantité de traceur injecté	10 kg			
Arrivée du traceur (vérifiée par un résultat d'analyse ou supposée par lecture graphique)				
<i>date</i>	11/05/2016 18:37	12/05/2016 12:30	12/05/2016 13:00	13/05/2016 03:30
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 04h 30min	1j 22h 23min	1j 22h 53min	2j 13h 23min
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>	112,3	70,3	96,0	76,1
1er résultat d'analyse positif à l'AAG				
<i>date</i>	11/05/2016 18:37	12/05/2016 12:30	12/05/2016 13:00	13/05/2016 03:30
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 04h 30min	1j 22h 23min	1j 22h 53min	2j 13h 23min
Pic de concentration (vérifié par un résultat d'analyse ou supposé par lecture graphique)				
<i>date</i>	12/05/2016 02:37	12/05/2016 12:30	12/05/2016 13:00	13/05/2016 03:30
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 12h 30min	1j 22h 23min	1j 22h 53min	2j 13h 23min
<i>vitesse au pic (m/h)</i>	87,7	70,3	96,0	76,1
Fin de passage du traceur				
<i>date</i>	12/05/2016 10:35	14/05/2016 16:45	14/05/2016 12:25	13/05/2016 15:35
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 20h 28min	4j 02h 38min	3j 22h 18min	3j 01h 28min
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>	72,0	33,1	47,7	63,6
Concentration maximale mesurée (µg/l)	35,18	14,83	30,81	11,78
Distance à l'Aven du Carrefour de Fontgraze (km)	3,2	3,26	4,5	4,67
Masse de traceur restituée (kg)	3,1	0,14	-	0,12
MASSE TOTALE RESTITUEE (kg)	3,36			
Gradient hydraulique (%)	15,8	22,6	22,07	23,88

Tableau 25 : Résultats sur les points de restitution de l'acide amino G lors du multi-traçage St-Alban en mai-juin 2016

Cet essai de traçage permet donc de confirmer le lien entre la partie amont du plateau calcaire sur la commune de LABLACHERE et le réseau connecté de Réméjadou/Bourbouillet. La liaison est également faite avec la source de Font Méjeanne. La donnée frappante est la vitesse très importante d'arrivée du traceur à l'exutoire de Bourbouillet avec 112,3 m/h ce qui confirme bien l'importance de ce système karstique au sein du plateau de St-Alban. La vitesse d'arrivée du traceur à Font-Méjeanne étant par contre moins rapide par rapport au temps de parcours Fontgraze → Tirbirou (ceci étant possible car la liaison Fontgraze → Tirbirou a été probablement effectuée via les pertes du ruisseau de Bourbouillet).

On note que les temps d'arrivée du traceur sont relativement cohérents car ils se décalent d'amont en aval.

A noter également que les gradients hydrauliques sont tous relativement proches (en moyenne 21%) avec cependant une augmentation du gradient depuis la source de Bourbouillet et les points positifs

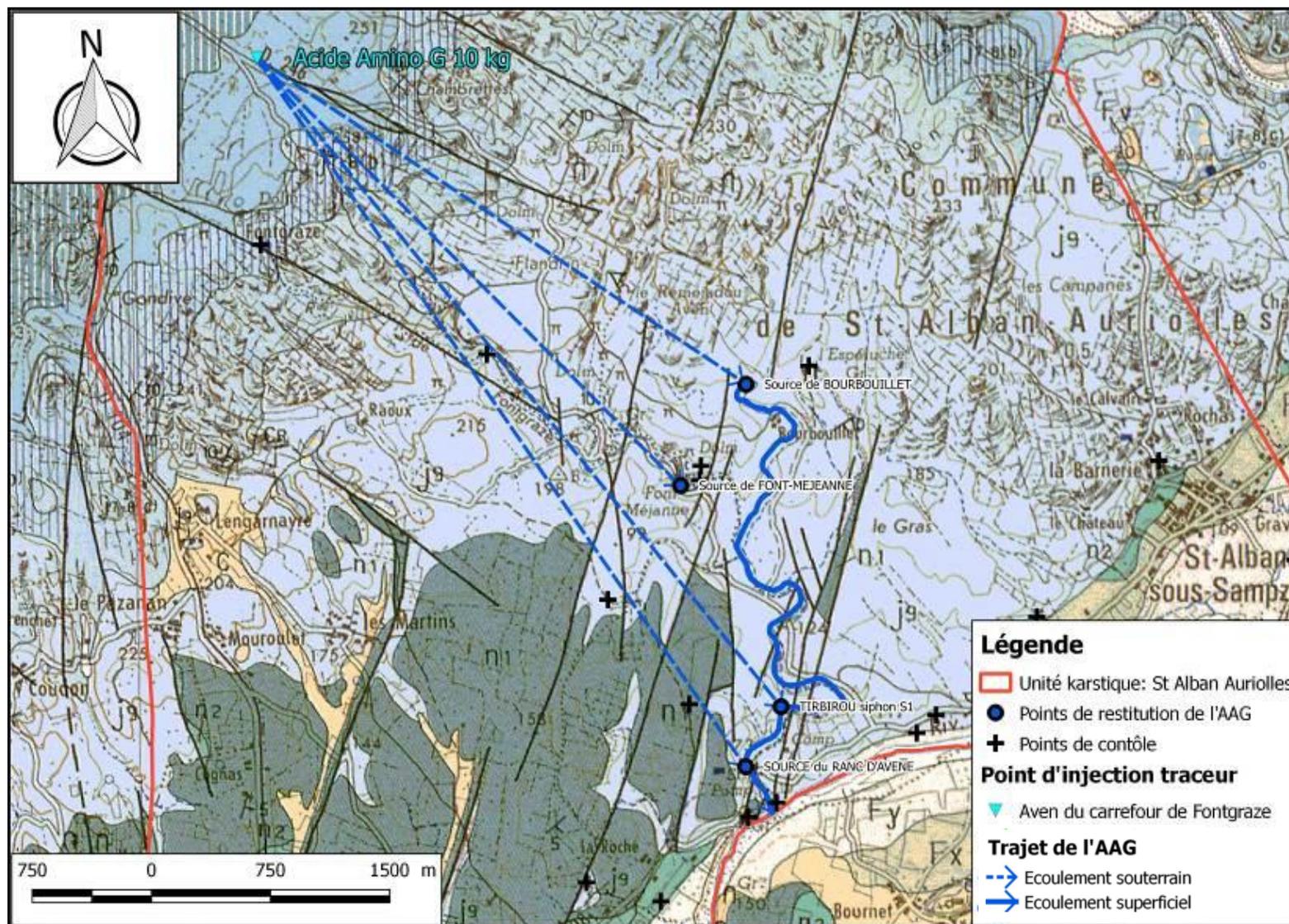
de passage du traceur (Tirbirou, Ranc d'Avène) avec en moyenne 29% sur la partie basse du plateau calcaire.

Vus les points de restitution et la crue importante notée à la source de Bourbouillet au même moment que le passage du traceur, ceci laisse supposer que l'ensemble du traceur est d'abord passé dans le réseau de Réméjadou/Bourbouillet avant de contaminer les réseaux à l'aval, en souterrain ou via les pertes du ruisseau de Bourbouillet (hormis pour Font-Méjanne où seul l'Acide Amino G y a été détecté alors que la source de Bourbouillet a été positive à l'AAG et à la sulforhodamine (cf. résultat du traçage à la sulforhodamine).

Le bilan massique de ce traceur est marqué par la restitution de près de 3,4 kg de traceur par rapport aux 10 kg injectés dans l'Aven de Fontgraze **soit un total de 34% de restitution à Bourbouillet, Font Méjanne et Ranc d'Avène**. Nous n'avons pas calculé le bilan massique de restitution à Tirbirou n'ayant pas pu avoir de mesure de débit fiable.

La mise en charge du karst de Bourbouillet a donc été bénéfique pour permettre de prélever le karst en surface en différents sites. Cependant la crue du karst a été néfaste pour notre suivi, car les liaisons souterraines n'ont pas pu être privilégiées et les traceurs ont été rapidement évacués hors du système. Malheureusement les conditions météorologiques après les injections ont été malheureusement contraires aux prévisions. Cet essai serait donc à reprendre en vraie période d'étiage afin de confirmer les liaisons et les vitesses prédéfinies ici, mais surtout pour vérifier si d'autres liaisons souterraines qui n'ont pas pu être mises en évidence à cause de la mise en charge du karst existent.

Ci-après la carte de bilan du traçage à l'acide amino G.



NB : La légende « points de contrôle » fait référence aux points de suivis négatifs

Figure 127 : Carte bilan du traçage à l'acide amino G

VI.7.2 LA SULFORHODAMINE B

La sulforhodamine B a été injectée le 10/05/2016 à la perte RB1 (Joyeuse). Pour plus de détail sur l'injection proprement dite, se reporter au §V.6.1.

Le passage de la sulforhodamine B a été identifié à Bourbouillet, Espeluches, Tirbirou, Ranc d'Avène, source de la Digue (c'est une source en rive gauche du Chassezac en amont du pont de Grospierres) et une des sources appelée « rive gauche » du Chassezac dans le secteur de Gerbial à hauteur des forages exploités par le SEBA.

Tous les autres points de surveillance ont été négatifs ou jugés négatifs pour ce traceur, les points positifs reposent donc sur l'analyse des fluocapteurs et sur les prélèvements mis en analyse. Voici le bilan de la restitution de la sulforhodamine B au niveau de Bourbouillet.

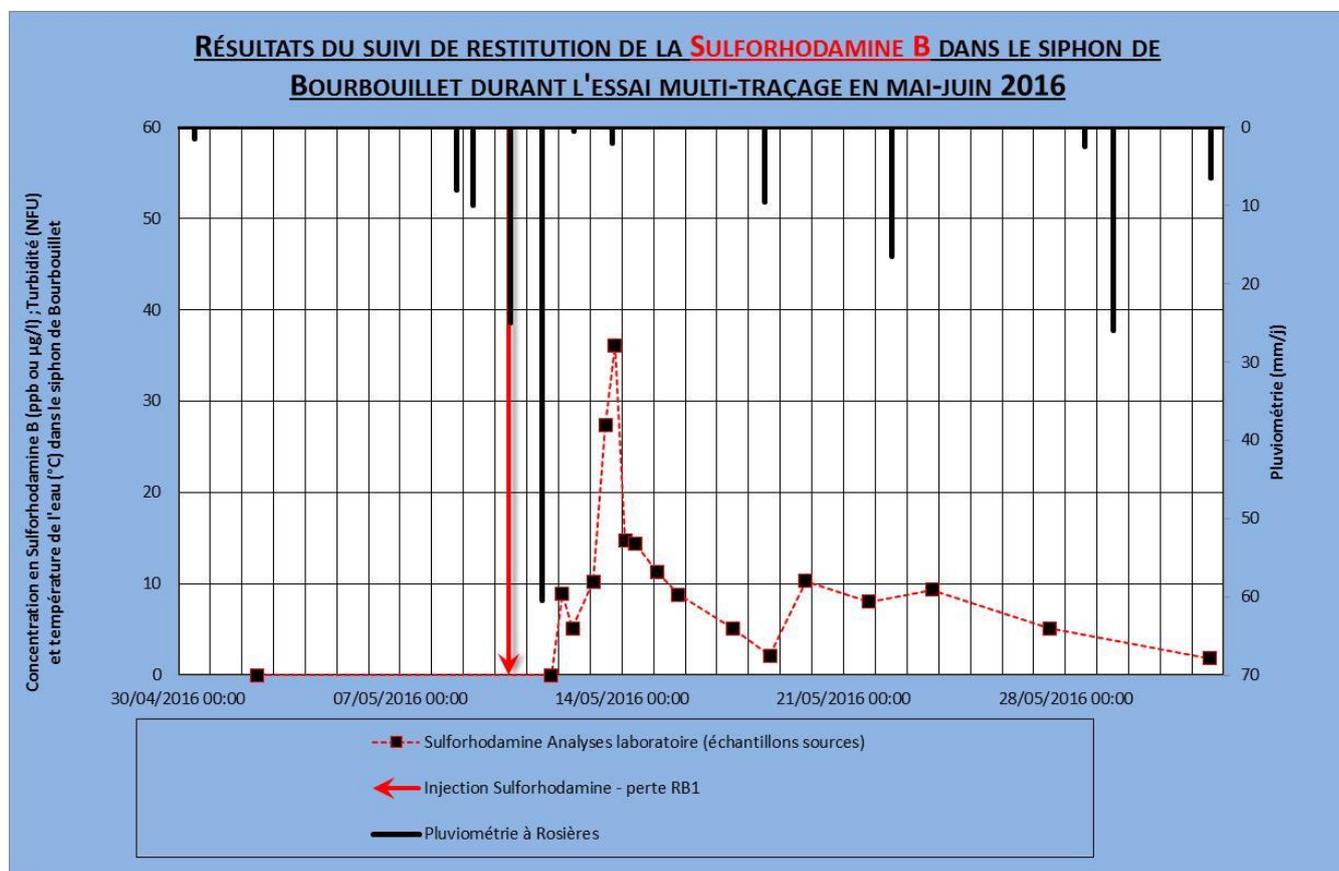


Figure 128 : Résultats du suivi de restitution de la Sulforhodamine B dans le siphon de Bourbouillet et des analyses ponctuelles réalisées à la source de Bourbouillet

A noter qu'un point important du suivi à Bourbouillet est la prise d'échantillons (manuelle ou par préleveur automatique) au niveau de la source, alors que la sonde du fluorimètre (GGUN) a été installée en profondeur dans le siphon S1.

On remarque que :

- La Sulforhodamine B arrive assez rapidement à Bourbouillet avec un début de pic le 12/05/2016, suite aux événements pluvieux survenus les 10 et 11/05. Ce pic est très bref avec une montée rapide et une évacuation rapide du traceur.
- La concentration en traceur décroît jusqu'au 20 mai avant une deuxième arrivée le 21 mai.
- On note que l'enregistrement GGUN dans le siphon n'est pas fiable pour ce traceur par rapport aux résultats du laboratoire. Le GGUN était installé dans le siphon alors que les prélèvements se faisaient à l'exutoire de la source, ceci peut expliquer les différences remarquées. En effet, les traceurs ont une densité relativement élevée, il semblerait qu'ici une partie du traceur soit resté piégé dans le siphon. L'allure est caractéristique d'une courbe d'accumulation de traceur.
- Les mesures réalisées au bureau d'études avec le GGUN sur des prélèvements réalisés à l'exutoire de la source sont cohérents avec les résultats d'analyses. Elles confirment le pic du 12 mai et la redescente ensuite.

Ci-après le deuxième point de passage de la sulforhodamine B : la source de Ranc d'Avène équipé d'un GGUN et d'un préleveur automatique, les deux sur l'exutoire, donc parfaitement comparables.

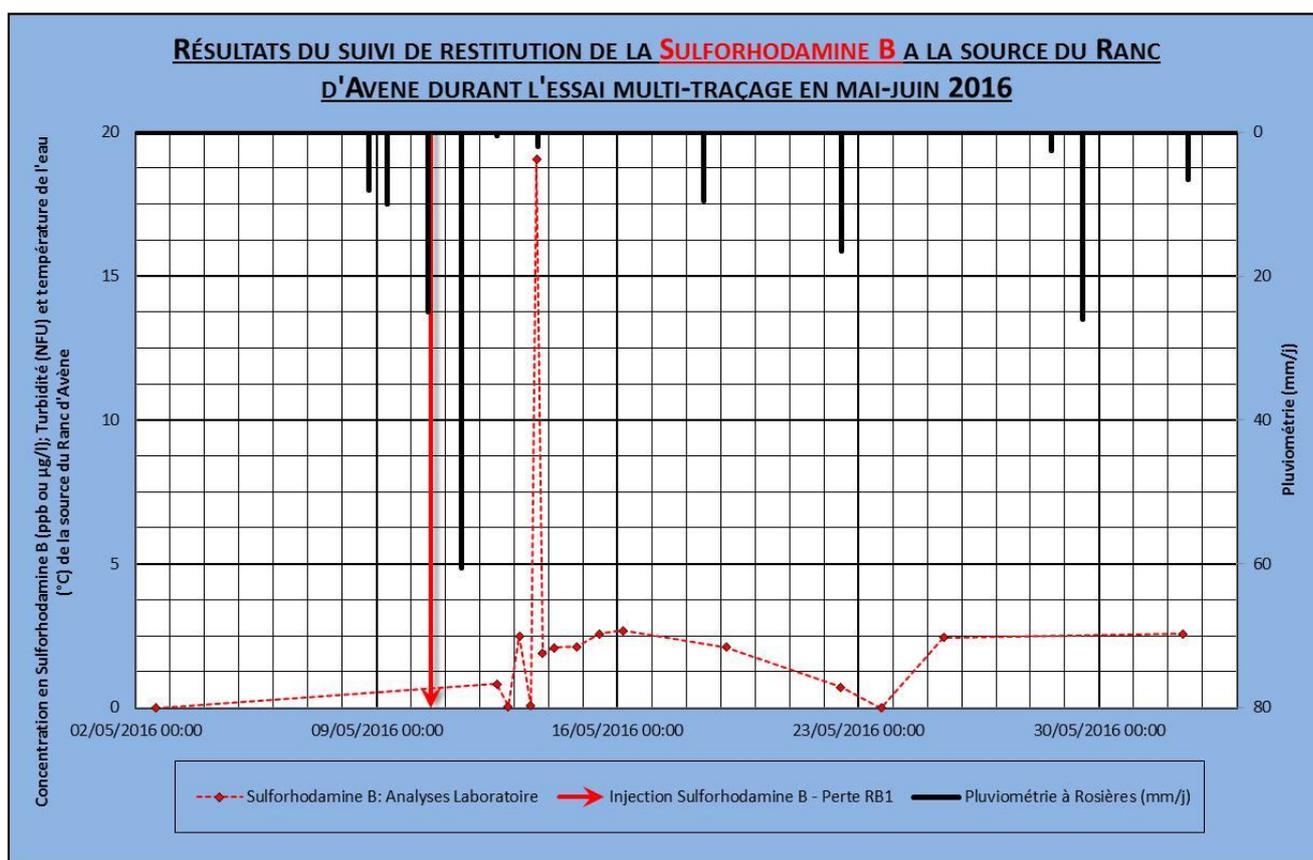


Figure 129 : Résultats du suivi de restitution de la Sulforhodamine B à la source du Ranc d'Avène

On remarque comme pour Bourbouillet, que :

- La Sulforhodamine B passe très vite au Ranc d'Avène, avec un pic très bref le 13 mai.

- On note également que l'enregistrement GGUN n'est pas toujours fiable pour ce traceur par rapport aux résultats du laboratoire
- La concentration en traceur décroît jusqu'au 23 mai avant une deuxième arrivée autour du 24 mai.

Pour consulter les résultats :

- Des fluorimètres GGUN, se reporter aux Annexe 34 à Annexe 39 ;
- Des analyses d'échantillons d'eau par spectrométrie à luminescence, se reporter à l'Annexe 32.

Les courbes de restitution obtenues après traitement des données enregistrées au fluorimètre sont donc non recevables vis-à-vis des résultats analytiques. Par conséquent nous présenterons seulement les données analytiques pour tous les points de passage de la Sulforhodamine B en Figure 131. Les résultats sont résumés dans le Tableau 25.

VI.7.2.1 Passage du traceur

La Sulforhodamine B a été injectée le 10 mai 2016 dans la perte RB1. Elle met un peu plus d'un jour pour atteindre la source de Bourbouillet et probablement en autant de temps pour sortir à la source d'Espeluches (l'accès à la source – situé dans un domaine privé clôturé - nous a été refusé le 11 mai). Le traceur est apparu 2 jours après l'injection au niveau des réseaux de Tirbirou et du Ranc d'Avène et 3 jours après au niveau de la source de la Digue. Enfin, la sulforhodamine B est ressortie au niveau de la source RG de Grospierres 20 jours après l'injection.

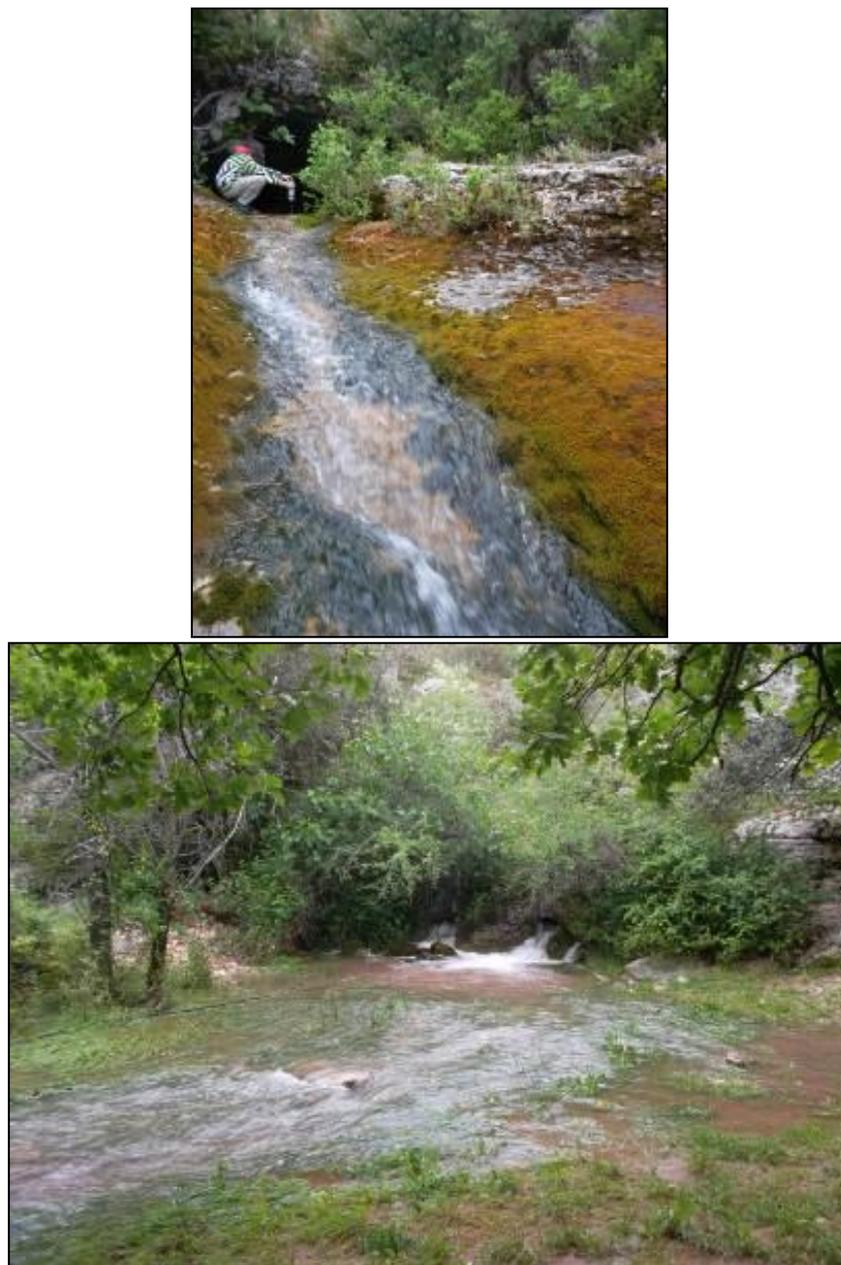


Figure 130 : Photos des sources de Bourbouillet (à gauche / coloration rouge visible) et d'Espeluches (à droite) au moment de la décrue (13 mai 2016)

Les circulations sont donc ici très rapides excepté pour la source RG de Grospierres, ce qui peut s'expliquer par une poussée très importante favorisée par les pluies qui ont suivies l'injection.

Ci-après les courbes de restitution de la Sulforhodamine B d'après les analyses laboratoire. Nous présentons uniquement les résultats positifs sachant qu'un certain nombre d'échantillons a été mis en analyse (voir Annexe 32).

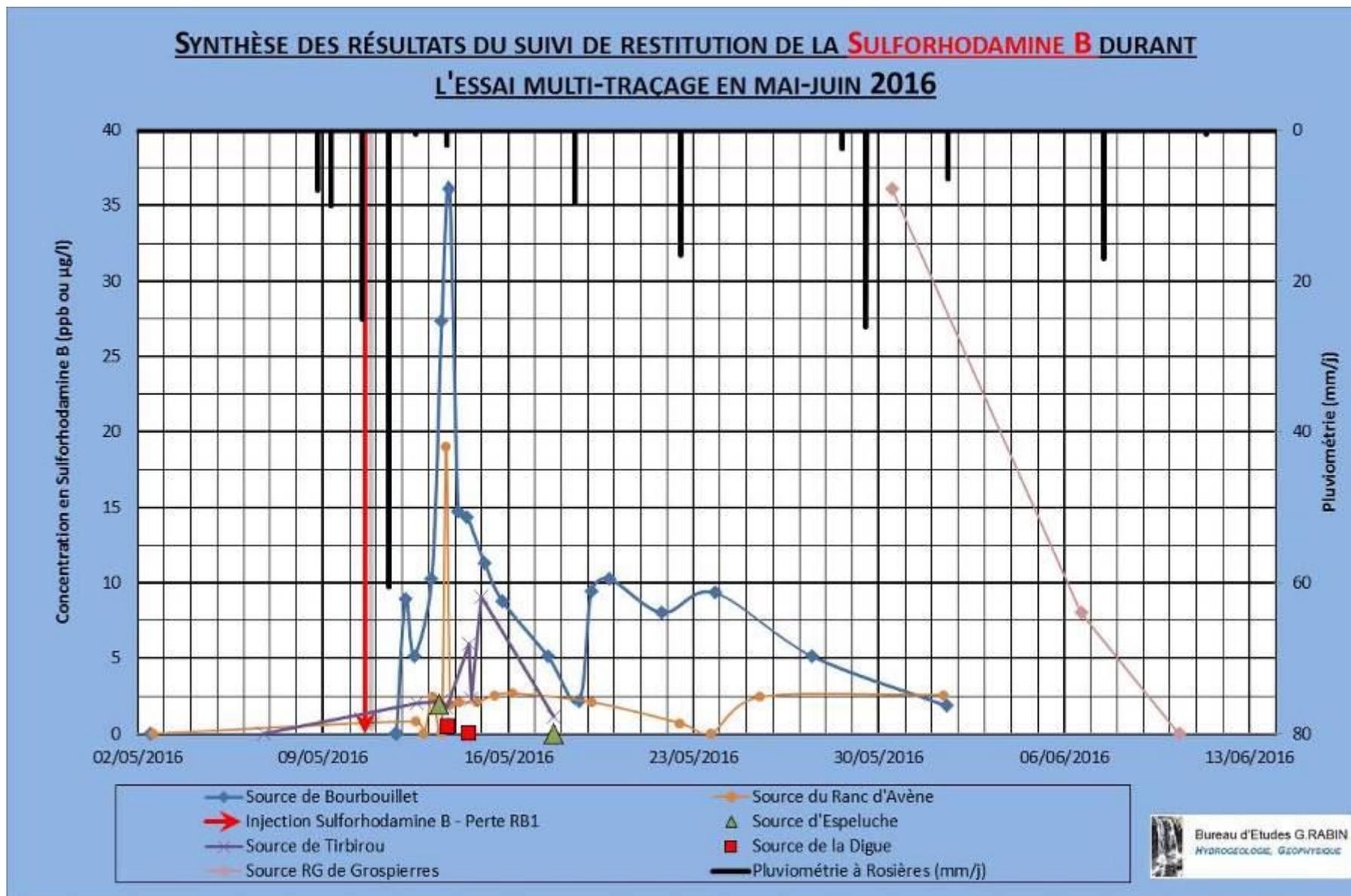


Figure 131 : Courbes de restitution de la Sulforhodamine B

Vue l'allure des courbes, la Sulforhodamine B a été détectée sur quelques points mais le passage du traceur a été bref et rapide témoin d'une « chasse ». La seconde arrivée de traceur visible sur la source de Bourbouillet et la source du Ranc d'Avène indique un cheminement différent du traceur qui pourrait s'apparenter à un réseau plus en profondeur avec des vitesses de circulation plus lentes.

VI.7.2.2 Masse de traceur restituée

La masse de traceur restituée a pu être calculée grâce aux mesures de débit réalisées sur les sources. Les calculs se basent uniquement sur les concentrations obtenues par les résultats d'analyses et par des mesures de débits ponctuels (qui ne sont pas obligatoirement représentatifs lors d'épisodes de crues).

Voici ci-dessous le tableau de bilan pour la sulforhodamine B sur le traçage St-Alban.

	Source de Bourbouillet	Source d'Espeluches	Tirbirou	Source du Ranc d'Avène	Source de la Digue	Source RG Grospierres
Date de l'injection de Sulforhodamine B	10/05/2016 10:40 - 11:20					
Quantité de traceur injecté	7 kg					
Arrivée du traceur (vérifiée par un résultat d'analyse ou supposée par lecture graphique)						
<i>date</i>	12/05/2016 02:37	13/05/2016 09:30	12/05/2016 13:00	12/05/2016 11:35	13/05/2016 17:45	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 15h 57min	2j 22h 50min	2j 02h 20min	2j 00h 55min	3j 07h 05min	20j 01h 10min
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>	61,1	33,2	82,9	92,0	55,6	9,7
2ème arrivée de traceur						
<i>date</i>	19/05/2016 03:15	-	-	25/05/2016 11:30	-	-
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	8j 16h 35min	-	-	15j 00h 50min	-	-
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>	11,7	-	-	12,5	-	-
1er résultat d'analyse positif à la Sulforhodamine B						
<i>date</i>	12/05/2016 02:37	13/05/2016 09:30	12/05/2016 13:00	12/05/2016 11:35	13/05/2016 17:45	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 15h 57min	2j 22h 50min	2j 02h 20min	2j 00h 55min	3j 07h 05min	20j 01h 10min
Pic de concentration (vérifié par un résultat d'analyse ou supposé par lecture graphique)						
<i>date</i>	13/05/2016 18:37	13/05/2016 09:30	14/05/2016 12:25	13/05/2016 15:35	13/05/2016 17:45	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	3j 07h 57min	2j 22h 50min	4j 01h 45min	3j 04h 55min	3j 07h 05min	20j 01h 10min
<i>vitesse au pic (m/h)</i>	30,5	33,2	42,7	58,5	55,6	9,7
Fin de passage du traceur						
<i>date</i>	Restitution en cours à la fin du suivi (01/06/2016)	17/05/2016 17:00	17/05/2016 17:30	Restitution en cours à la fin du suivi (01/06/2016)	14/05/2016 12:15	Restitution en cours à la fin du suivi (10/06/2016)
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>		7j 06h 20min	7j 06h 50min		4j 01h 35min	
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>		13,5	23,9		45,1	
Concentration maximale mesurée (µg/l)	36,13	1,98	5,93	19,05	0,44	36,13
Distance à la perte RB1 (km)	2,44	2,35	4,17	4,5	4,4	4,65
Masse de traceur restituée (kg)	2,6	-	-	0,35	-	-
Gradient hydraulique (%) depuis la perte RB1	21,0	23,3				23,5
Gradient hydraulique (%) depuis la source de Bourbouillet			27,9	29,8	28,4	

Tableau 26 : Résultats sur les points de restitution de la sulforhodamine B lors du multi-traçage St-Alban en mai-juin 2016

Cet essai de traçage permet donc de confirmer le lien entre la partie Nord du plateau calcaire sur la commune de Joyeuse et le réseau connecté de Réméjadou-Bourbouillet. Il permet également de confirmer que la partie Nord du réseau n'est pas connectée avec la Beaume ou avec le karst d'Auriolles. Toutefois, l'apparition de la Sulforhodamine B 20 jours après l'injection à la source « Rive Gauche » de Grospierres et avec une concentration comparable à celle de Bourbouillet est surprenante. Cependant, une seconde analyse le 06/06/2016 à 8 ppb confirme ce passage de Sulforhodamine B. Aucune analyse n'a été positive sur la source « Rive droite » de Grospierres pourtant située à quelques mètres de la précédente. Des études complémentaires permettraient de conclure sur ces circulations au niveau du site de Gerbial et sur le lien entre « Rive Gauche » et « Rive Droite ».

Les vitesses de circulation sont rapides et représentatives d'une « chasse » due à la crue. Il convient de préciser que :

- La source d'Espeluche se trouve sur un domaine privé et que l'accès y était impossible le jour de la crue. Les vitesses de circulation pour l'arrivée du traceur ont été calculées par rapport à une analyse réalisée le lendemain (la première analyse positive). Selon toute vraisemblance, le traceur est passé le 12/05/2016 au moment de la crue comme pour les autres points de restitution. La vitesse de circulation est donc sous-estimée.
- Les vitesses de circulation au niveau de la source de Tibirou et la source du Ranc d'Avène sont relativement élevées (entre 80 et 90 m/h environ) ce qui peut s'expliquer par un trajet réalisé en partie en aérien dans le ruisseau de Bourbouillet.
- La vitesse de circulation de la source « Rive Gauche » est très faible et doit être confirmée par des études complémentaires.

Le gradient hydraulique entre la perte RB1 et la source de Bourbouillet est de 21% et de 23% pour celui entre la perte RB1 et les sources d'Espeluche et « Rive Gauche » de Grospierres.

A noter également que les gradients hydrauliques sont tous relativement proches (en moyenne 29%) entre la source de Bourbouillet et les sources de Tibirou, Ranc d'Avène et de la Digue.

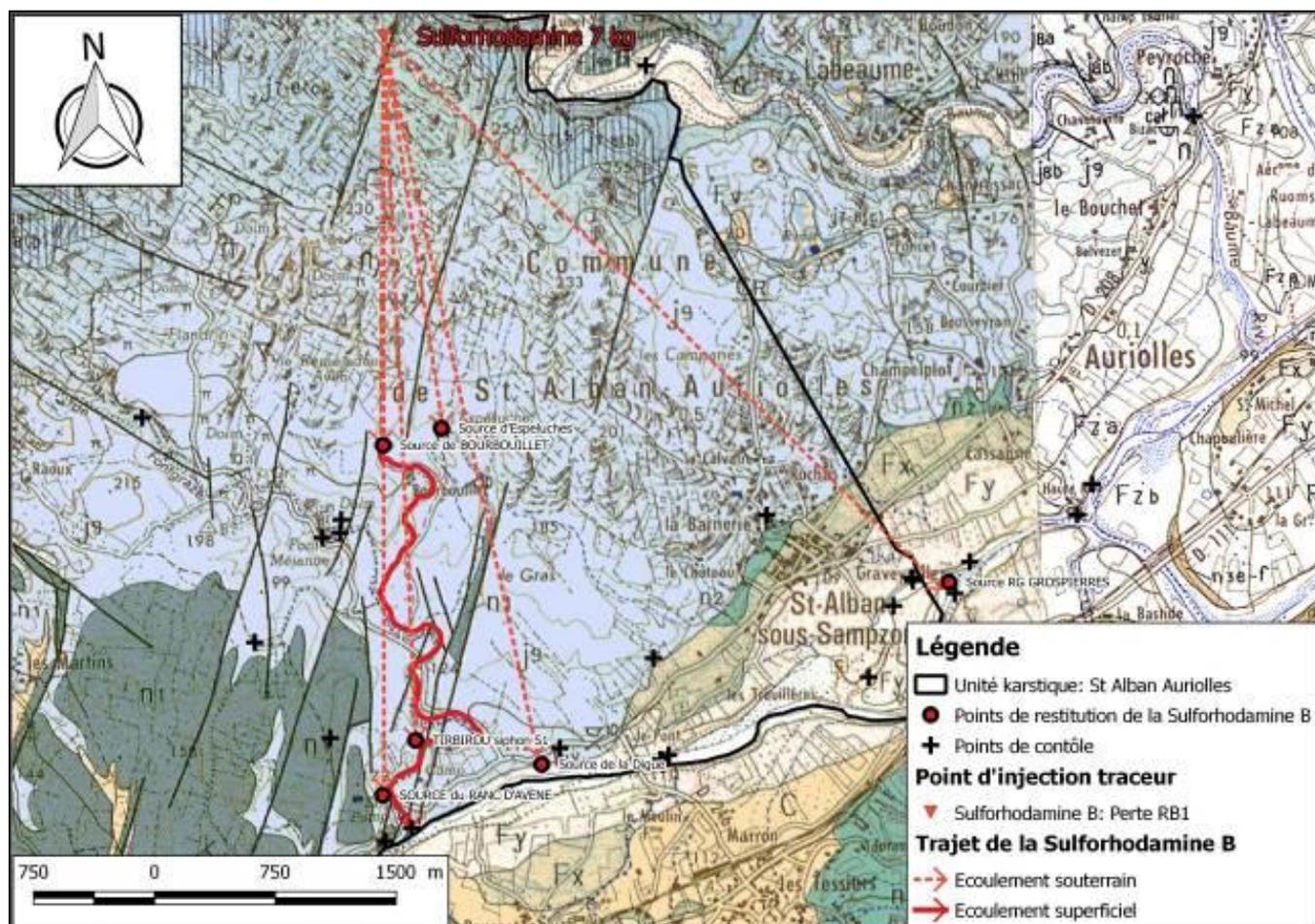
Vus les points de restitution et la crue importante notée à la source de Bourbouillet au même moment que le passage du traceur, on peut supposer que l'ensemble du traceur est d'abord passé dans le réseau de Réméjadou-Bourbouillet avant de contaminer les réseaux à l'aval, en souterrain ou via des pertes dans le ruisseau de Bourbouillet. Il semblerait toutefois qu'une partie de la Sulforhodamine B ait emprunté un chemin différent qui se traduit par une deuxième arrivée de colorant au niveau de Bourbouillet et de Ranc d'Avène. Cette deuxième arrivée présente un décalage de 7 jours entre la restitution à la source de Bourbouillet et celle à la source du Ranc d'Avène (Figure 131).

Le bilan massique de ce traceur est marqué par la restitution de près de 2,95 kg de traceur par rapport aux 7 kg injectés dans la perte RB1 **soit un total de 42% de restitution**. Dans l'hypothèse que tout le traceur aperçu à la source du Ranc d'Avène soit préalablement passé par la source de Bourbouillet, il est alors faux d'additionner ces deux masses restituées. Dans ce cas, la restitution à la source de Bourbouillet (2,6 kg) représente 37% et celle à la source du Ranc d'Avène (0,35 kg)

représente 5%. L'absence de chroniques de débit sur les sources « Rive gauche », Tirbirou et la Digue a empêché le calcul de la masse restituée sur ces points.

Comme pour l'Acide Amino G, la mise en charge du karst de Bourbouillet a donc été quelque peu néfaste pour notre suivi car les liaisons souterraines n'ont pu être privilégiées. Cet essai serait donc à reprendre en période d'étiage afin de confirmer les liaisons prédéfinies et les vitesses.

Ci-dessous la carte de bilan du traçage à la Sulforhodamine B.



NB : La légende « points de contrôle » fait référence aux points de suivis négatifs

Figure 132 : Carte bilan du traçage à la Sulforhodamine B

Le bilan du traçage à la sulforhodamine B est marqué par l'arrivée quasi simultanée (pour le maxi du pic entre 3 et 4 jours après l'injection) du traceur pour tous les points de restitution sauf à la source « Rive Gauche » de Grospierres.

On note également une seconde arrivée de traceur visible au niveau de la source de Bourbouillet et la source de Ranc d'Avène avec un décalage d'environ sept jours entre les deux. Cela peut s'expliquer par un écoulement selon un autre réseau souterrain, plus profond et avec des circulations plus lentes.

Les quantités estimées de traceur pour les sources de la Digue et d'Espeluche sont très faibles dû au tarissement rapide de ces sources.

Enfin, la montée du pic de Sulforhodamine B au niveau de la source « Rive Gauche » de Grospierres n'a pas été observée. Cependant, celle-ci est comparable au pic observé à Bourbouillet le surlendemain de l'injection. Cette restitution peut s'expliquer par la présence d'un drain (très peu de dilution) avec des vitesses de circulation très lentes, qui serait illustré par un maxi au pic aussi concentré qu'à Bourbouillet.

VI.7.3 LA FLUORESCÉINE

La fluorescéine (Uranine) a été injectée le 18/03/2016 au Trou Saint-Victor, entre 19h50 et 20h10.

Le passage de la fluorescéine a été identifié à l'aven de Fontenille, aux sources RG et RD de Grospierres, au ruisseau des Fontaines et dans le Forage F1 de Gerbial. Les courbes de restitution réalisées à partir des données enregistrées au fluorimètre dans le forage F1 de Gerbial et des résultats d'analyses des échantillons d'eau sont présentées sur la Figure 135. Les principaux résultats sont résumés dans le Tableau 27.

Pour consulter les résultats :

- Des fluocapteurs, se reporter à l'Annexe 33 ;
- Des fluorimètres GGUN, se reporter aux Annexes 34 à 39;
- Des analyses par spectrométrie à luminescence, se reporter à l'Annexe 32.

VI.7.3.1 Passage du traceur

La fluorescéine passe par l'aven Fontenille dans la nuit du 19 au 20/05/2016. En effet, un premier échantillon positif à la fluorescéine est relevé le 19/05/2016 à 17h30, soit 21h et 40min après l'injection dans le trou Saint-Victor, avec une concentration de 205,1 µg/l et une vitesse d'écoulement de 83,1 m/h. Le traçage préalable réalisé en avril 2016 avait permis de déterminer les temps de trajet entre le point d'injection et l'aven Fontenille. Ces données ont été bénéfiques aux équipes de spéléologues pour réaliser les prélèvements aux bons moments (première arrivée et pic de concentration). Le pic de restitution est observé le 19/05 à 23h30, avec une vitesse de 65,1 m/h. L'échantillon du 19/05/2016 23h30 montre la concentration en fluorescéine la plus élevée mesurée avec 873,5 µg/l. La difficulté d'accès a empêché la multiplicité des prélèvements. Cependant, la courbe du fluorimètre indique un pic bref avec un retour à 0 ppb de concentration autour du 21/05/2016.

Le gradient hydraulique entre le trou Saint-Victor et l'aven Fontenille est de 4%.



Figure 133 : Photographie du passage de la Fluorescéine à l'aven Fontenille (19 mai 2013 à 23h30)

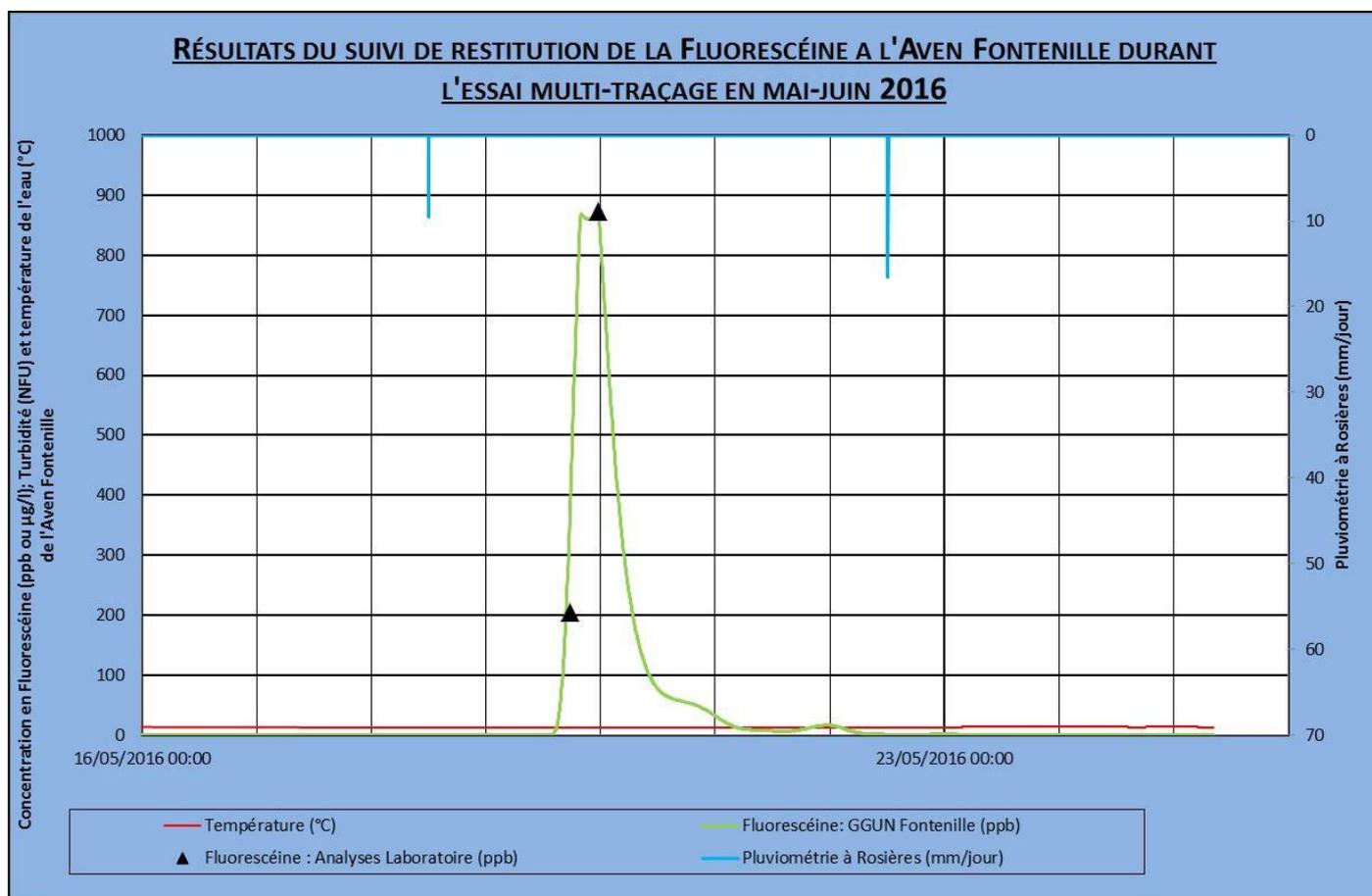


Figure 134 : Courbe de restitution de la fluorescéine à Fontenille

Suite au passage de la Fluorescéine à l'aven Fontenille, les tournées de prélèvements ont été intensifiées au niveau des exurgences ainsi qu'à différents points de suivis du Chassezac. Cependant aucun des échantillons ou des fluo-capturs n'a révélé la présence de Fluorescéine.

Le passage de la Fluorescéine a été détecté en aval, au niveau du forage F1 de Gerbial, grâce au fluorimètre le 22/05/2016 vers 22h50 soit 4 jours et 3 heures après l'injection dans le trou Saint-Victor et avec une vitesse d'écoulement de 70,9 m/h. Le GGUN étant positionné à environ 68 mètres de profondeur dans le forage, la réalisation de prélèvements à cette profondeur a été difficile. La plupart des analyses représentent donc la part d'eau morte du forage et sans présence de Fluorescéine. Le forage a donc été équipé d'une pompe provisoire le 30/05/2016, descendue à 68 m de profondeur, afin de réaliser un prélèvement représentatif. Le pompage a duré 2h15 à un débit d'environ 2,8 m³/h. L'opération a été renouvelée le 06/06/2016 pendant environ 1h. L'analyse du 30/05/2016 révèle la présence de Fluorescéine avec une concentration de 0,7 µg/l et une concentration de 0,18 µg/l pour celle du 06/06/2016. L'allure de la courbe du fluorimètre montre le sommet du pic de restitution le 25/05/2016 vers 11h40 soit 6 jours et 16h après l'injection. La fin de la restitution n'a malheureusement pas pu être suivie suite à l'obligation de remettre la pompe immergée pour l'alimentation en eau potable le 07/06/2016.

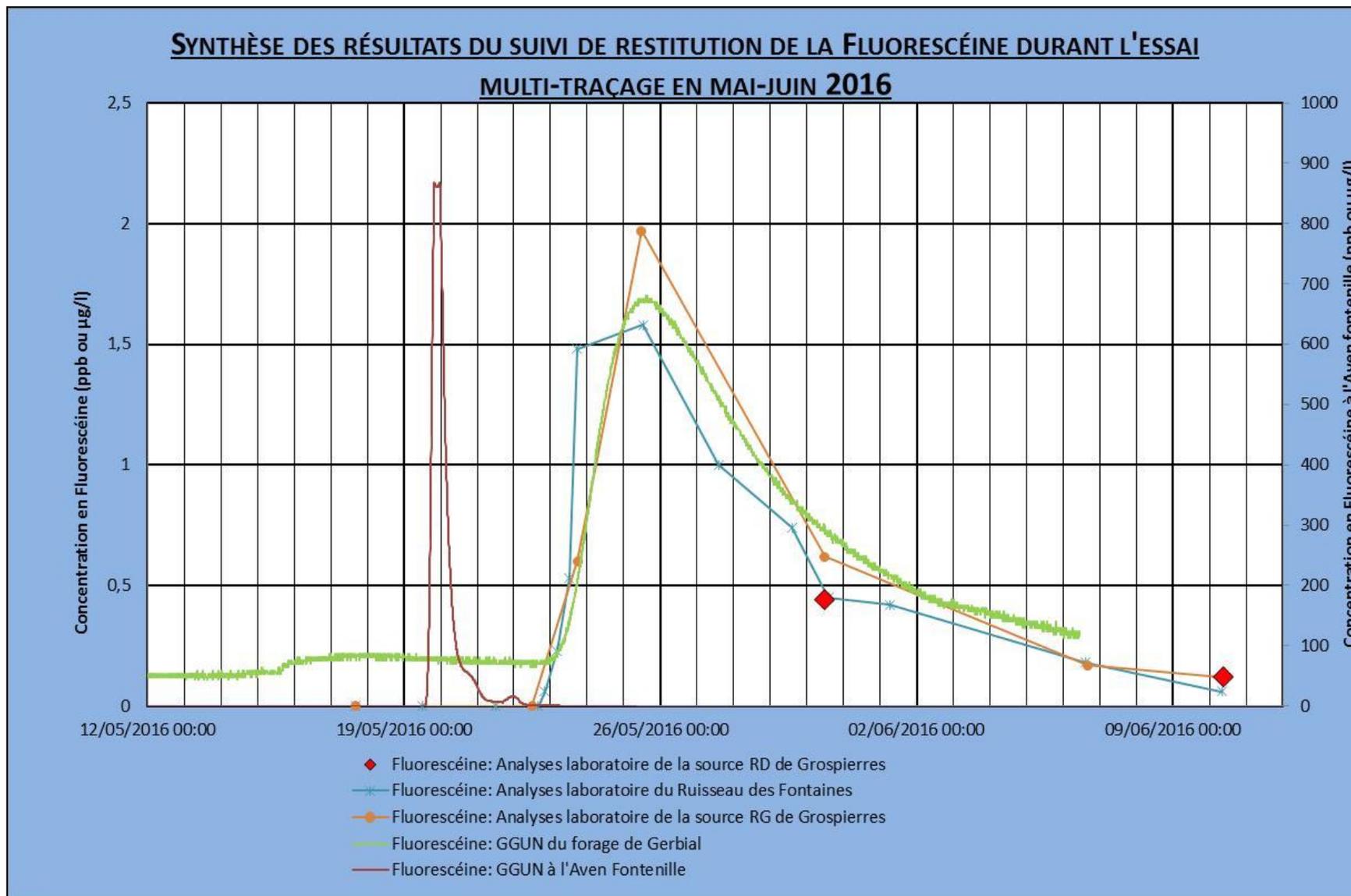


Figure 135 : Courbe de restitution de la fluorescéine

A la même période, le ruisseau des Fontaines et les sources RG et RD de Grospierres ont également révélé la présence de fluorescéine.

- Au ruisseau des Fontaines, la première analyse positive date du 23/05/2016 17h25 soit 4 jours 21 heures et 35 minutes après l'injection de fluorescéine. La concentration maximale mesurée en analyse est de 1,58 µg/l. Le dernier prélèvement effectué le 10/06/2016 à 08h00 contient 0,06 µg/l de fluorescéine.
- Au niveau de la source RG de Grospierres, la première analyse positive date du 23/05/2016 17h40 soit 4 jours 21 heures et 50 minutes après l'injection de fluorescéine. La concentration maximale mesurée en analyse est de 1,97 µg/l. Le dernier prélèvement effectué le 10/06/2016 à 08h30 contient 0,12 µg/l de fluorescéine.
- Au niveau de la source RD de Grospierres, la première analyse positive date du 30/05/2016 11h50 soit 11 jours et 16 heures après l'injection de fluorescéine. Toutefois, le 23/05/2016 date à laquelle le traceur a été détecté au niveau des autres exutoires de la zone de Gerbial, la source RD de Grospierres n'était pas accessible. En effet, le lit du Chassezac recouvrait la sortie de la source empêchant ainsi tout prélèvement. Le traceur aurait donc pu sortir à la date du 23/05/2016 comme sur les autres points suivis. La concentration maximale mesurée en analyse est de 0,44 µg/l. Le dernier prélèvement effectué le 10/06/2016 à 08h30 contient 0,12 µg/l de fluorescéine.

L'allure des courbes reproduites grâce aux résultats d'analyses (Figure 135) montre que le pic de restitution a eu lieu le 25/06/2016 aux alentours de midi soit 6 jours et 15h après l'injection et une vitesse d'environ 44 m/h.

Le gradient hydraulique entre l'aven de Fontenille et Gerbial est relativement identique sur toute la zone de l'ordre de 2% avec cependant un gradient plus faible égal à 0,86% au niveau du forage.

Le fluocapteur situé dans le puits des Fontaines sort positif et confirme le passage de la fluorescéine dans cette zone.

Le fluocapteur placé dans le Chassezac à hauteur du champ captant de La Gorce montre des traces de fluorescéine. Ces traces pourraient provenir de la zone de Gerbial qui présente des émergences en bordure du Chassezac, ou d'une zone plus en amont.

Le fluocapteur situé en amont de la confluence entre le Chassezac et l'Ardèche et lui aussi positif. Les émergences positives en fluorescéine de la zone de Gerbial (Ruisseau des Fontaines, sources RG et RD de Grospierres) se jettent toutes dans le Chassezac, il est donc normal que ce fluocapteur soit positif.

Le fluocapteur du Moulin de Tarasque est également positif ce qui fait de lui le point le plus à l'aval où la fluorescéine a été détectée. Cette source sort au niveau du lit de l'Ardèche à proximité de sa confluence avec le Chassezac. Le passage du traceur se situe entre le 25/05/2016 (date de pose) et le 10/06/2016 (date de dépose).

Il est également important de préciser que les fluocapteurs situés au niveau de la Selve et au niveau du Rocher de la Vierge sont négatifs. Ceci justifie l'absence, dans cette zone, d'émergences karstiques dans le Chassezac en lien avec le trou Saint-Victor et/ou l'aven Fontenille.

VI.7.3.2 Masse de traceur restituée

Au niveau de l'aven de Fontenille, le débit a été estimé par les spéléologues à 125 l/s avec une erreur de plus ou moins 30 l/s le jour de l'injection. La masse de traceur restituée avec un débit de 130 l/s est de 100% soit 5 kg. On peut donc conclure sans risque que l'ensemble du traceur est passé par l'aven de Fontenille.

Les émergences de type sources RG et RD de Grospierres sont diffuses dans les alluvions, il est donc difficile d'en déduire leurs débits. En revanche, la campagne de jaugeages sériés a permis d'établir un delta de débits entre le Chassezac à l'entrée de la zone de Gerbial et le Chassezac en amont de sa confluence avec le ruisseau des Fontaines. Ce delta de débits a ainsi pu être attribué aux émergences de la zone de Gerbial. En faisant cette approximation il est possible d'en déduire une masse de traceur restituée, celle-ci représenterait 0,82 kg de fluorescéine pour un débit de 0,65 m³/s (estimation sur la base de jaugeages [§ V.6.2.2.e] faits tardivement le 21/06 après la fin du suivi du multi-traçage, mais qui permet d'avoir un ordre de grandeur pour la restitution de la fluorescéine dans ce secteur).

Une série de jaugeages hebdomadaire a été réalisée sur le ruisseau des Fontaines (se reporter au chapitre V.6.2.2.e). Les débits oscillaient entre 680 et 785 l/s. A partir de ces débits, la quantité de traceur restituée est de 0,75 kg.

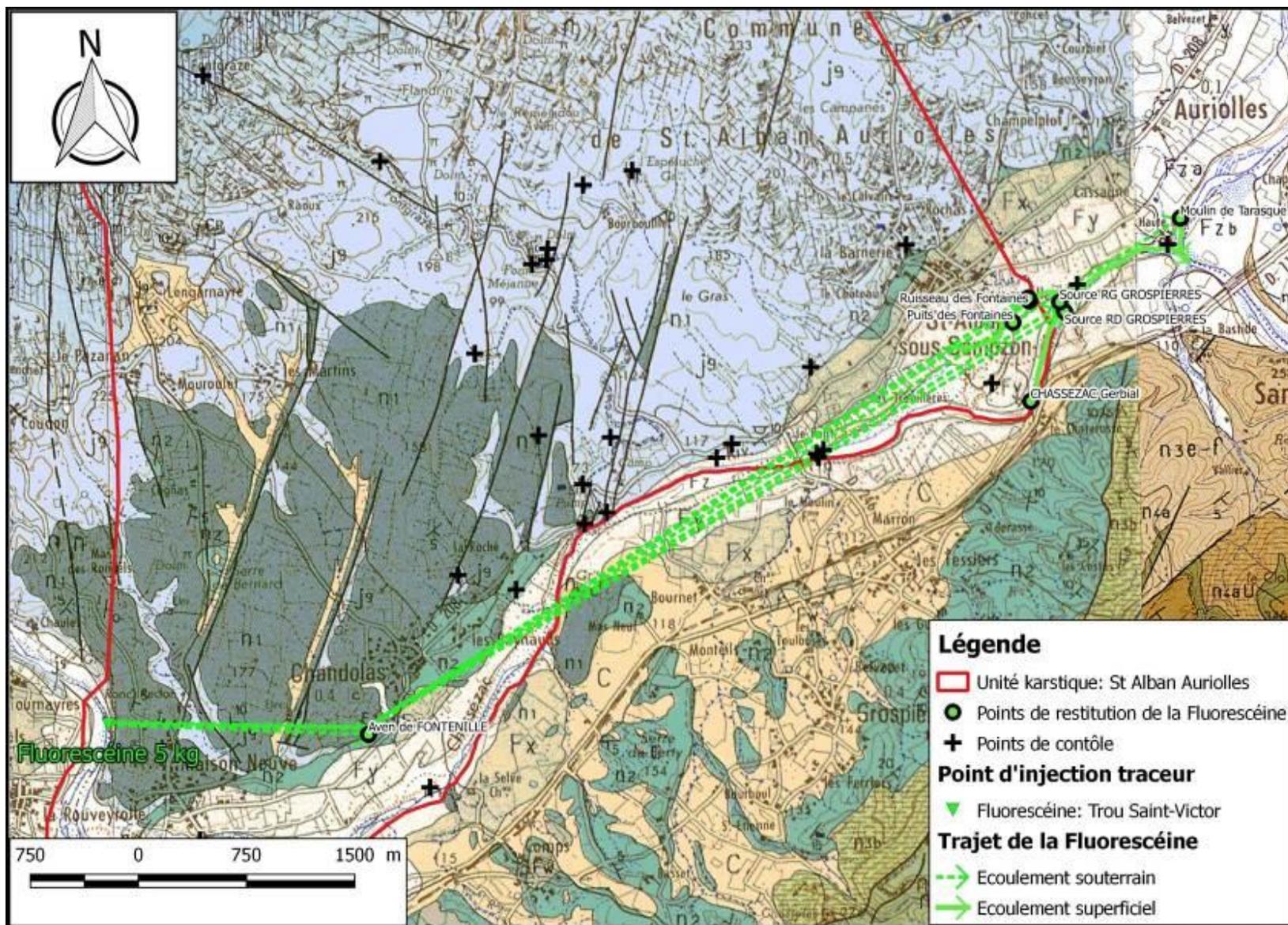
La masse totale de traceur restituée au niveau de la zone de Gerbial est donc estimée à 1,57 kg soit 31,4%.

La partie du traceur s'écoulant en aval de Gerbial jusqu'au niveau du Moulin de Tarasque n'a malheureusement pas pu être calculée en l'absence de mesure de débits et de prélèvements d'eau.

On peut avancer l'hypothèse que le déficit de masse calculée est la conjugaison de masses encore piégées et non mesurables, de la partie du traceur s'écoulant en direction du Moulin de Tarasque et d'une probable circulation du traceur via un autre réseau auquel nous n'avons pas identifié de sortie.

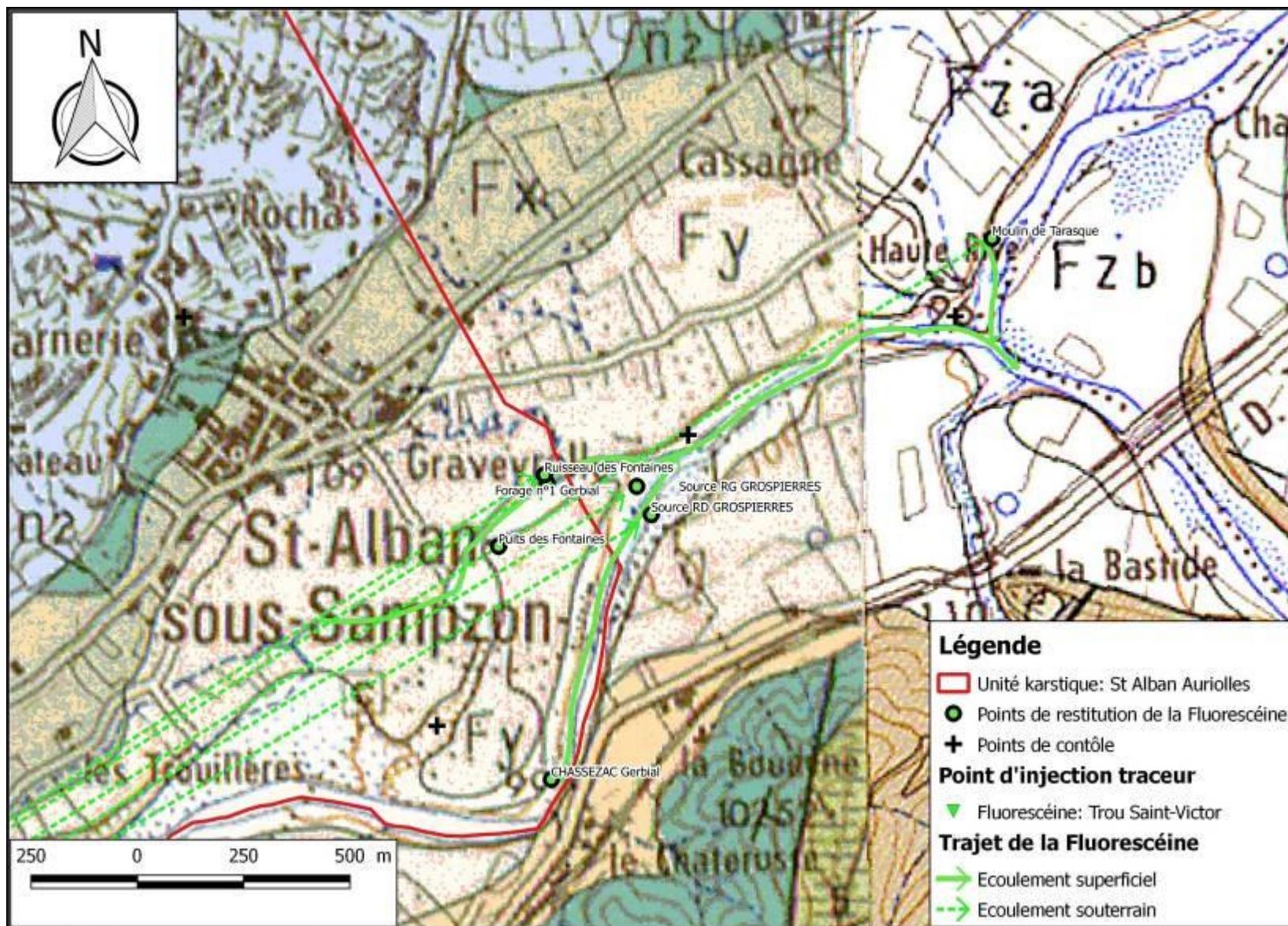
	Aven Fontenilles	Ruisseau des Fontaines	Forage F1 Gerbial	Source RG Gorspierres	Source RD Gorspierres
Date de l'injection de Fluorescéine	18/05/2016 19:50 - 20:10				
Quantité de traceur injecté	5 kg				
Arrivée du traceur (vérifiée par un résultat d'analyse ou supposée par lecture graphique)					
<i>date</i>	19/05/2016 17:30	22/05/2016 20:19	22/05/2016 22:50	23/05/2016 17:40	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	0j 21h 40min	4j 00h 29min	4j 03h 00min	4j 21h 50min	11j 16h 00min
<i>vitesse maximale du traceur (m/h)</i>	83,1	72,2	70,9	60,8	25,8
1er résultat d'analyse positif à la Fluorescéine					
<i>date</i>	19/05/2016 17:30	22/05/2016 20:19	30/05/2016 13:30	23/05/2016 17:40	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	0j 21h 40min	4j 00h 29min	11j 17h 40min	4j 21h 50min	11j 16h 00min
Pic de concentration (vérifié par un résultat d'analyse ou supposé par lecture graphique)					
<i>date</i>	19/05/2016 23:30	25/05/2016 12:30	25/05/2016 11:40	25/05/2016 11:30	30/05/2016 11:50
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	1j 03h 40min	6j 16h 40min	6j 15h 50min	6j 15h 40min	11j 16h 00min
<i>vitesse au pic (m/h)</i>	65,1	43,3	43,9	44,9	25,8
Fin de passage du traceur					
<i>date</i>	01/06/2016 09:30	10/06/2016 20:00	Restitution en cours à la fin du suivi (06/06/2016)	Restitution en cours à la fin du suivi (10/06/2016)	Restitution en cours à la fin du suivi (10/06/2016)
<i>temps écoulé depuis l'injection</i>	13j 13h 40min	23j 00h 10min			
<i>vitesse minimale du traceur (m/h)</i>	5,5	12,6			
Concentration maximale mesurée (µg/l)	873,5	1,58	0,7	1,97	0,44
Distance au Trou Saint-Victor (km)	1,8	6,95	7,02	7,17	7,22
Masse de traceur restituée (kg)	5	0,75	1,57	0,82	
MASSE TOTALE RESTITUEE (kg)					
Gradient hydraulique (%)	4,0	0,9	2,0	2,1	2,0

Tableau 27 : Résultats du traçage à la fluorescéine



NB : La légende « points de contrôle » fait référence aux points de suivis négatifs

Figure 136 : Carte bilan du traçage à la fluorescéine



NB : La légende « points de contrôle » fait référence aux points de suivis négatifs

Figure 137 : Carte bilan du traçage à la fluorescéine au niveau du site de Gerbial

VI.8 CONCLUSIONS

Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques de ce traçage ont été favorables pour l'injection des traceurs avec de légères précipitations quelques jours avant nos injections (43 mm cumulés du 8/08 au 10/05). Ceci a donc permis d'améliorer les circulations au sein du karst. Cependant le jour suivant l'injection d'AAG et de Sulforhodamine B nous avons essuyé un fort épisode pluvieux avec 60 mm tombés pour la seule journée du 11/05. Cet épisode pluvieux a donc permis la mise en charge du karst telle que la source de Bourbouillet est passée de 20 litres/secondes à plus de 2200 litres/s.

Vu les volumes d'exhaure importants du karst après cet épisode pluvieux, nous pouvons admettre que **le traçage s'est déroulé en hautes eaux**. Ceci a ainsi permis de visualiser à plusieurs endroits le passage de traceur (notamment celui de la Sulforhodamine B) mais cela n'a pas permis de favoriser les écoulements karstiques souterrains proprement dits.

Bien que nous avons défini dans le cahier des charges un traçage à l'étiage, la contrainte sur le planning de l'étude et l'exploitation des captages d'eau potable sur Saint-Alban-Auriolles nous ont obligé à programmer le multi-traçage avant l'étiage estival. Par ailleurs, le traçage devait être terminé avant le 07/06/2016, date de remise en place de la pompe d'exploitation du forage F1 de Gerbial. Le mois de mai est généralement sec et constitue une petite période d'étiage avant l'été. Malheureusement le mois de mai 2016 a été exceptionnellement pluvieux et donc défavorable à notre multi-traçage.

Hydrologie et nappe souterraine

L'ensemble de ce suivi a permis de mettre en avant plusieurs choses au niveau des cavités et/ou résurgences :

- Certaines cavités/résurgences karstiques sont en lien plus ou moins direct avec les variations des cours d'eau (c'est le cas pour l'aven de Fontenille, le ruisseau des Fontaines et les forages de Gerbial tous les 3 influencés par l'état hydrologique du Chassezac). A noter que ces mêmes points sont également influencés par le karst, notamment lorsque les précipitations importantes induisent une bonne mise en charge des réseaux sur le massif.
- D'autres sont sensibles uniquement à la pluviométrie et forment le réseau karstique du plateau de St-Alban (Bourbouillet, Ranc d'Avène...).

Débit des sources

Les débits des sources avant l'injection des traceurs le 10/05 témoignent d'un étiage progressif avec tout le même des débits mesurables sur certains exutoires secs lors des étiages prononcés (Source d'Aigues de Bosc, Bourgène, Event des Cascades... débits ici inférieurs à 10 l/s cf. §V.6.2.2.d). Suite aux pluies survenues entre le 08 et le 11/05/2016, certaines sources ont vu leur débit augmenter de manière exceptionnelle comme c'est le cas pour Bourbouillet dont le débit est passé de 20 à 2200 l/s après l'épisode pluvieux du 11/05/2016.

Conductivité des sources

Les mesures ponctuelles et les enregistrements de la conductivité et de la température ont permis de mettre en avant les caractéristiques des deux grands aquifères du secteur et de faire ressortir les anomalies au sein de ceux-ci :

- **L'ensemble karstique** (Bourbouillet, Ranc d'Avène, Puits Pelouse, Font la Douce, Fontgraze, Aigues de Bosc, Font Méjeanne, Évén des Cascades, Espeluches, Tirbirou, Digue et Fontenille), présente des conductivités comprises entre 450 et 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et des températures entre 13 et 14°C. Un point se démarque : l'aven de Fontenille, alimenté majoritairement par le Chassezac en temps normal mais principalement par le karst en période de crue (150 contre 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Le fonctionnement normal du karst en crue consiste en un bref pic de conductivité et de température correspondant à la vidange du système, suivi d'une rapide baisse (arrivée d'eau neuve, froide et moins minéralisée), puis d'une reminéralisation progressive par le confinement. Tirbirou et Ranc d'Avène, les sources les moins minéralisées du karst, ont un fonctionnement inverse semblant indiquer l'existence d'une autre source d'alimentation (l'hypothèse d'une alimentation majoritaire en crue de Tirbirou par une perte du ruisseau de Bourbouillet serait à vérifier).
- **L'ensemble localisé sur la terrasse alluviale de Saint Alban** (ruisseau des Fontaines, sources RG et RD, puits des Fontaines, puits P3 et P5, Moulin de Tarasque) a des conductivités qui oscillent entre 200 et 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et des températures comprises entre 12,5 et 14,5°C sur la période de traçage. La chronique de 6 mois du ruisseau des Fontaines donne des températures allant de 12 à 16°C, ce qui indique une alimentation souterraine majoritaire (contrairement au Chassezac qui passe de 5 à 30 °C sur la même période). Le fonctionnement des points alluviaux est plus complexe ; on peut cependant remarquer que le puits P3 passe à 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ après la crue du 11/05/16.

Rappel des dates, lieux et quantités injectées

Le tableau suivant permet un rapide bilan des dates et lieux d'injection et des quantités de traceur

Traceur	Lieu d'injection	Commune	X Lambert 93	Y Lambert 93	Z (m NGF)	Z Injection (m NGF)	Observation injection	Date de l'injection*	Quantité (kg)	Volume (L)	Concentration (g/L)
Acide Amino G	Aven du carrefour de Fontgraze	Lablachere	798325	6372927	243	223	Injection dans petit actif à -20 m de l'entrée naturelle	10/05/2016 13:40-14:40	10	300	33,3
Sulforhodamine B	Perte RB1	Joyeuse	800982	6373577	211,04	198,04	Injection à -13 m au sein de la perte (non active)	10/05/2016 10:20-14:05	7	50	140
Fluorescéine	Trou Saint-Victor	Chandolas	797688	6367446	111,14	111,14	Injection dans le trou St-Victor à une dizaine de mètres de l'entrée ; débit de perte estimé à 122 litres/sec	18/05/2016 19:50-20:25	5	25	200

*Les temps d'injection comprennent ici le temps de préparation, l'injection proprement dite et le temps de pousser

- **Passage des traceurs**

- **L'Acide Amino G (AAG):**

Après avoir injecté 10 kg d'AAG à l'aven Fontgraze, notre traceur est apparu :

- 28h30 après à Bourbouillet

- 46h30 après à Font Méjeanne et Tirbirou
- 61h30 après à Ranc d'Avène

Les vitesses d'arrivée du traceur sont relativement proches (70 à 75 m/h) mis à part pour Bourbouillet et Tirbirou, aux vitesses d'arrivées respectives de 112 m/h et de 96 m/h. A noter tout de même que ces vitesses sont représentatives en période de hautes eaux

Le pic de concentration mesuré aux différents points positifs est de l'ordre de 46 heures après l'injection (61h pour Ranc d'Avène).

A noter qu'il est possible que le passage du traceur détecté à Tirbirou provienne potentiellement des pertes du ruisseau de Bourbouillet (en eau lors de la sortie du traceur) vu les faibles concentrations retrouvées à l'aval (35,2 µg/l à Bourbouillet le 12/05 02h30 alors que l'on retrouve 2 µg/l le 12/05 13h00 à Tirbirou). Il est donc possible que ce traceur ait effectué une partie de son trajet de manière superficielle.

A noter que le passage de l'AAG a été très expéditif suite aux pluies qui ont chassées le traceur hors du système. Ceci a permis d'éclaircir les trajets souterrains depuis l'aven Fontgraze et notamment les liaisons :

- Aven Fontgraze → Bourbouillet
- Aven Fontgraze → Font-Méjeanne.

Le suivi aux fluocapteur ne permet pas de déceler le passage de ce traceur. Il est fort probable que l'AAG ait pu passer à la source d'Espeluches au même moment que la sortie du traceur à Bourbouillet. Aucun prélèvement n'a pu être effectué à la source d'Espeluche faute de pouvoir accéder au domaine privé librement pour confirmer ou infirmer ce passage. On sait toutefois que la Sulforhodamine B passée à Bourbouillet est également passée à Espeluches.

Le bilan du traçage à l'AAG est le suivant :

- Restitution de 3,4 kg soit 34% de la masse totale injectée
- Passage du traceur rapide suite aux pluies et certainement via les réseaux hydrographiques aériens.

Ce traçage a donc été concluant mais il serait à refaire en période d'étiage pour permettre de favoriser l'écoulement du traceur en souterrain. De plus, étant donné la sensibilité des fluorimètres et leurs interférences vis-à-vis des matières en suspensions, il sera impératif d'utiliser un autre traceur pour refaire ce traçage (uranine par exemple).

➤ **La Sulforhodamine B:**

Après avoir injecté 7 kg de sulforhodamine B à la perte RB1, notre traceur est apparu :

- 40h00 après à Bourbouillet
- 48 h et 50h après à Tirbirou et Ranc d'Avène
- 70h et 79h après à Espeluches et source de la Digue

A noter que plusieurs analyses confirment le passage de la Sulforhodamine B au niveau de la « source Rive Gauche Grospierres » qui est une source diffuse en rive gauche du Chassezac (au droit des forages de Gerbial à St-Alban-Auriolles) 20 jours après l'injection à RB1.

Les vitesses d'arrivée du traceur sont toutes quelque peu différentes, avec 61 m/h pour l'arrivée à Bourbouillet et jusqu'à 92 m/h pour l'arrivée à Ranc d'Avène. La plus faible vitesse est représentée par l'arrivée très tardive du traceur aux sources RG du Chassezac, avec environ 10 m/h. Cette vitesse laisse supposer le transit du traceur dans une zone noyée potentiellement située sous la terrasse alluviale de St-Alban mais cette conclusion ne coïncide pas avec la concentration élevée du pic de restitution. Ce dernier laisse plutôt penser que le cheminement s'est effectué à travers un drain relativement direct et sans trop de dilution. A ce stade-là, les avancés hydrogéologiques ne permettent pas de conclure sur ce point et ses relations avec le massif, la zone de Gerbial et la source « Rive droite » de Grospierres située à quelques mètres.

Le pic de concentration mesuré aux différents points positifs est de l'ordre de 70 à 80 heures après injection. Hormis pour la source RG, on observe le passage le plus tardif du pic de concentration à Tirbirou, 97h après l'injection.

Comme pour l'AAG, il est possible que le passage du traceur détecté à Tirbirou provienne des pertes du ruisseau de Bourbouillet (en eau lors de la sortie du traceur) vues les faibles concentrations retrouvées à l'aval (36,13 µg/l à Bourbouillet le 13/05 18h37 contre 5,93 µg/l le 14/05 14h40 à Tirbirou). Il est donc possible que ce traceur ait effectué une partie de son trajet de manière superficielle.

A noter que le passage de la Sulforhodamine B a été détecté à l'aide des fluorimètres et des prélèvements d'analyses. Les résultats d'analyses des échantillons ont permis de dresser des courbes de restitutions plus précises (les lectures optiques des fluorimètres étant très peu fiables au niveau du pic bref de concentration). On remarque ainsi :

- Un double pic d'arrivée de la Sulforhodamine B à Bourbouillet et une allure relativement similaire à Ranc d'Avène
- Un double pic d'arrivée à Tirbirou mais avec un intervalle entre les deux très faible
- Et plusieurs points de passage positif pour ce traceur (Digue, Espeluches, source RG Grospierres)

Les doubles pics laissent supposer :

- un trajet peut-être différent pour ce même traceur avec une arrivée très rapide puis une arrivée plus tardive et moins concentrée
- ou simplement que l'effet de crue a permis d'évacuer une grande partie du traceur mais pas sa totalité. Ainsi on observerait une « chasse » importante après la pluie puis une restitution lente après l'épisode de crue témoignant d'une zone noyée en amont.

Comme pour l'AAG on peut dire que le passage du traceur s'est effectué en deux temps. Tout d'abord une grande partie du traceur a été évacué hors du système suite aux pluies importantes. Puis, on observe une seconde arrivée plus tardive. Ceci a permis d'éclaircir les trajets souterrains depuis la perte RB1 et notamment les liaisons :

- RB1 → Bourbouillet
- RB1 → Espeluches (via le réseau de Bourbouillet ?)
- RB1 → source RG Grospierres (seul point de restitution dans la zone de Gerbial ?)

Et les liaisons supposées

- Bourbouillet → Tirbirou (via les pertes du ruisseau de Bourbouillet ??)
- Bourbouillet → Ranc d'Avène
- Bourbouillet → Digue

Le bilan du traçage à la Sulforhodamine B est le suivant :

- Restitution de 2,95 kg soit environ 42% de la masse totale injectée
- Passage du traceur rapide en différents exutoires karstiques suite aux pluies (avec ou sans liaison vis-à-vis des réseaux hydrographiques aériens) suivi d'une restitution plus lente ensuite notamment à Bourbouillet et Ranc d'Avène.

Ce traçage a donc été concluant mais il serait à refaire en période d'étiage pour permettre de favoriser l'écoulement du traceur en souterrain. De plus, étant donné la sensibilité des fluorimètres et leurs interférences vis-à-vis des matières en suspensions, il sera impératif d'injecter le traceur en période sèche.

➤ **La fluorescéine ou uranine (fluo):**

Après avoir injecté 5 kg de fluo au trou St-Victor (perte en rive gauche du Chassezac à hauteur de Maisonneuve), notre traceur est apparu :

- 21h40 après à **Fontenille (avec un passage de la totalité du traceur injecté soit 5 kg)**
- 96 h, 99h et 118h après respectivement au **ruisseau des Fontaines, au forage FG1 de Gerbial et à la source rive gauche Grospierres** (au droit des forages de Gerbial, en bordure du Chassezac)
- 384 heures après à **la source rive droite Grospierres** (source située juste en face de la source rive gauche. Attention : la source rive droite étant immergée sous le niveau d'eau du Chassezac, il a fallu attendre le 30/05/2016 pour qu'un prélèvement sans interférence avec le cours d'eau soit possible. Toutefois, il semblerait logique que le traceur soit apparu dès le 25/05/2016 comparativement aux autres points de la zone de Gerbial.

A noter également **les sites où la présence de fluo a été détectée par fluocapteurs** dans la partie aval de notre système (proche de St-Alban/Gerbial) :

- Ruisseau des Fontaines – amont Gerbial : retiré le 30/05
- **Puits des Fontaines : retiré le 30/05**
- Chassezac Gerbial : fluocapteur situé dans le lit du Chassezac à hauteur des puits du Champs captant : retiré le 23/05
- Chassezac confluence Ardèche : juste en amont de la confluence entre le Chassezac et l'Ardèche : retiré le 01/06

- **Source du Moulin de Tarasque** : source située en rive droite de l'Ardèche dans le prolongement de la terrasse alluviale de St-Alban : mis en place le 25/05 et retiré le 10/06/2016 → **fluocapteur saturé en fluo.**

A noter également la présence très controversée de fluo dans le réseau de Reinette et de la source du Jawi ! Les fluocapteurs sont positifs à la fluorescéine mais la situation des réseaux (altitude) et l'absence de traces sur les autres points suivis (Rocher de la Vierge, Ranc d'Avène) nous permet de remettre en cause ces liaisons avec notre injection de fluo à St-Victor en 2016. **Il s'agit probablement de fluorescéine piégée dans les réseaux lors de traçages passés.**

Les vitesses d'arrivée du traceur sont toutes relativement proches, de l'ordre de 60 à 80 m/h (le maximum étant de 83 m/h pour le trajet unique de la fluorescéine depuis le trou St-Victor jusqu'à Fontenille). A noter la vitesse lente du traceur jusqu'à la source RD Grospierres simplement due à l'absence d'échantillon avant le 30/05 car la source était immergée.

Le pic de concentration mesuré aux différents points positifs dans la zone de Gerbial est de l'ordre de 160 heures après l'injection (pour le ruisseau des Fontaines, le forage FG1 de Gerbial et la source Rive Gauche). **Le pic de passage à Fontenille est très rapide soit 27h40 après injection et très concentré avec une concentration maximum de 873 µg/l.** Les concentrations maximales pour les autres points de restitutions sont de l'ordre de 0,5 à 2 µg/l.

Cette dilution importante témoigne donc d'un mélange de l'eau au cours de son parcours souterrain: celles d'origines karstiques et celles en provenance directe des pertes du Chassezac via Fontenille.

Ce traçage a donc permis de mettre en évidence les relations suivantes :

- Perte/trou St-Victor → Fontenille
- Fontenille → Ruisseau des Fontaines
- Fontenille → Puits des Fontaines
- Fontenille → Forage FG1 de Gerbial
- Fontenille → Chassezac en amont de la confluence avec le ruisseau des Fontaines, au droit des puits du Champs captant
- Fontenille → source rive Gauche Grospierres
- Fontenille → source rive Droite Grospierres
- Fontenille → Source du Moulin de Tarasque

Le bilan du traçage à la fluorescéine est le suivant (Sans tenir compte du passage de la totalité du traceur à Fontenille) :

- **Restitution de 1,57 kg soit 31,4% de la masse totale injectée**

Le calcul de la masse restituée reste peu fiable car il faut estimer les apports d'eau dans le secteur de Gerbial. Ces apports d'eau tiennent compte du débit d'étiage du ruisseau des Fontaines, de la productivité des forages de Gerbial, du débit estimatif des sources en rive droite ou gauche du Chassezac et du résultat du jaugeage sériés à un instant T. **Ainsi nous avons estimé un gain de débit**

d'environ 1,2 à 1,5 m³/s entre la plage de Gerbial (plage au droit des puis du Champ captant) et l'aval du ruisseau des fontaines.

Ce traçage a donc été concluant. Il apporte des éléments intéressants notamment sur le fonctionnement karstique dans la zone de Gerbial. **A noter qu'aucun passage de traceur n'a été identifié dans le réseau de Douce Paulette/Font la Douce.** L'absence de restitution à cet endroit semble donc confirmer l'indépendance de son réseau karstique. Toutefois, il reste possible que l'effet de crue ait limité la poursuite du cheminement souterrain de l'AAG et de la Sulforhodamine

- **Organisation du réseau karstique depuis le trou-St-Victor**

Désormais, on peut supposer que :

- Le réseau karstique depuis le trou St-Victor permet **un transfert de l'eau souterraine bien délimité au moins jusqu'à Fontenille** (à l'entrée du village de Chandolas côté Maisonneuve).
- La partie du Chassezac en amont de Gerbial ne reçoit aucune venue d'eau en lien avec le réseau de Fontenille. En effet, nous n'avons retrouvé aucune trace de fluo dans le Chassezac entre Chandolas et le secteur de Gerbial (là où le Chassezac se remettait en eau historiquement avant la mise en place du soutien d'étiage par les barrages), pas même de trace au Rocher de la Vierge.
- **La restitution de la fluorescéine est multiple dans la zone de Gerbial** et même au-delà jusqu'à la source du Moulin de Tarasque, ce qui nous laisse penser à une ramification et une **démultiplication des exutoires karstiques dans cette zone.** A cela viennent s'ajouter les apports karstiques propres au massif de St-Alban dont la part d'alimentation dans cet ensemble reste encore floue.
- **La fluorescéine est largement diluée entre son passage à Fontenille et son exutoire dans la zone de Gerbial, avec sans nul doute un mélange d'eaux en différents points :**
 1. Apport complémentaire des pertes diffuses du Chassezac : les jaugeages sériés de juin 2016 ont permis de mettre en évidence une zone de perte entre le château de la Selve et le secteur des Reynaud. Ces pertes peuvent potentiellement rejoindre le réseau karstique sous alluvial.
 2. **Mélange souterrain des eaux des pertes du Chassezac et des eaux karstiques du plateau. Ce deuxième mélange pourrait s'effectuer entre le secteur du Rocher de la Vierge et le secteur des sources de la Digue.** Les eaux karstiques proviendraient ici de la terminaison des réseaux de Bourbouillet/Reinette/Ranc d'Avène/Aval de Font la Douce).

Tout ceci étant des suppositions bien évidemment à vérifier et discutables.

- **Organisation du réseau karstique depuis le plateau calcaire de St-Alban**

Au sein du plateau calcaire, les cheminements souterrains sont tout aussi difficiles à interpréter au vu de la complexité de chaque réseau et des connexions explorées et/ou inexplorables par les spéléo.

On sait toutefois que le karst de Réméjadou-Bourbouillet draine une large partie Nord de notre unité karstique que ce soit depuis l'aven Fontgraze ou depuis la perte RB1. Différentes « branches »

souterraines ont toutefois été mises en évidence à l'aval de la source de Bourbouillet, le long du ruisseau du même nom (Tirbirou, Ranc d'Avène, Digue).

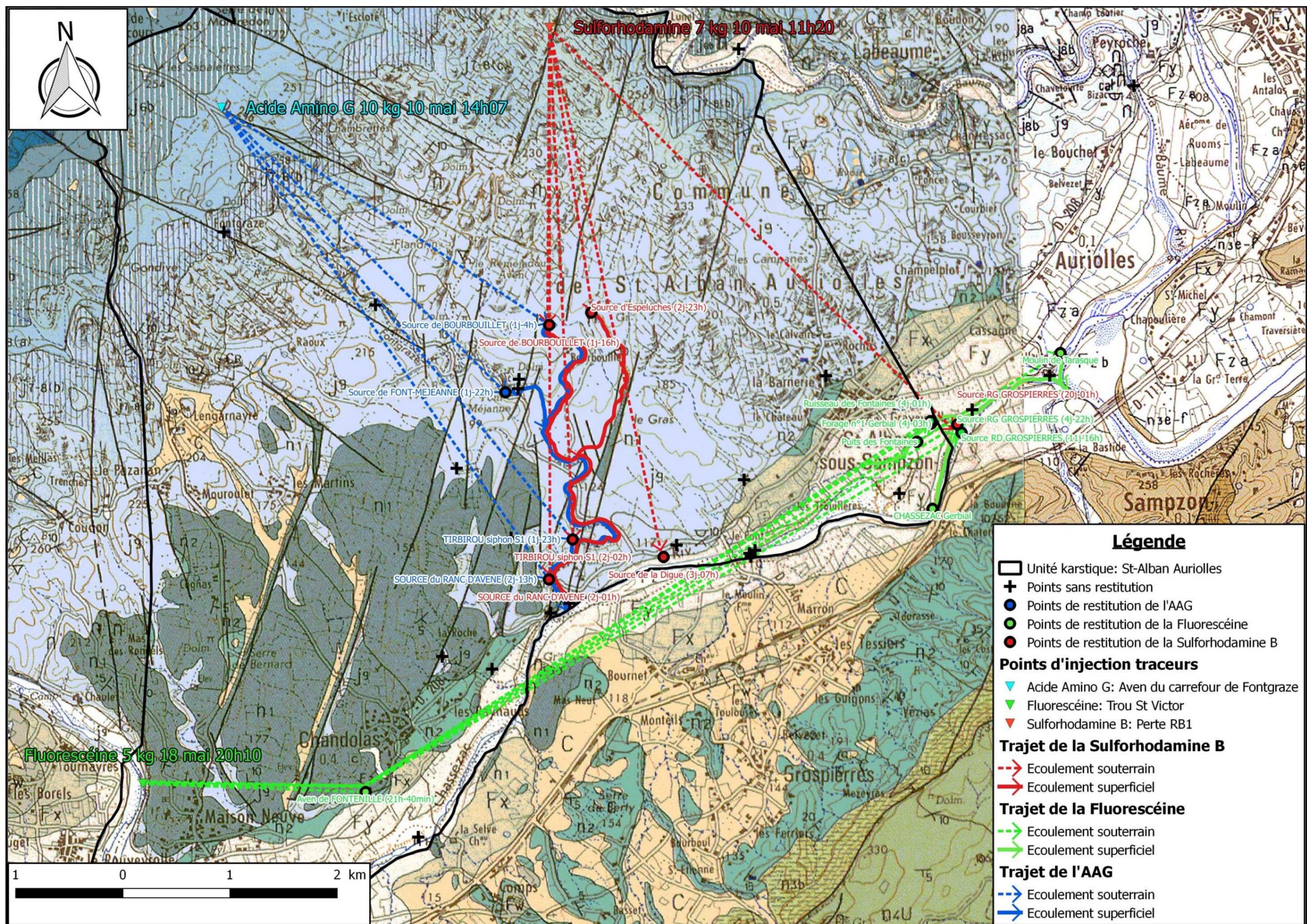
On sait désormais que la source de Font-Méjeanne est également en lien avec les réseaux karstiques amont et notamment depuis l'Aven Fontgraze. Il existe donc plusieurs ramifications du réseau karstique depuis l'Aven Fontgraze (point d'injection de l'AAG) étant donné que l'acide amino G est également passé à Bourbouillet.

Il reste toutefois une énigme à éclaircir puisque nous avons retrouvé de la Sulforhodamine B (injecté à RB1) au niveau d'une source rive gauche du Chassezac (dans le secteur de Gerbial) alors qu'aucun autre point de suivi du secteur de Gerbial n'a révélé la présence de ce traceur. A noter que la fluorescéine a également été mise en évidence à cette source. S'agit-il d'une ramification karstique provenant du karst de Bourbouillet qui pourrait être en mélange avec le réseau karstique depuis les pertes du Chassezac et dont l'exutoire serait localisé uniquement en bordure du Chassezac ?

- **Présence d'une zone noyée**

La présence d'une zone noyée est connue et mise en évidence notamment pour le réseau de Réméjadou/Bourbouillet (restitution de Sulforhodamine B progressive en fin de suivi).

Une zone noyée est aussi largement pressentie dans le secteur de Gerbial qui constitue, d'après ce traçage et les différentes observations faites sur le terrain, un carrefour et un exutoire de multiples ramifications karstiques qui s'étendent bien au-delà (source du Moulin de Tarasque). L'exutoire principal en est le ruisseau des Fontaines. Il existe également une multitude d'exutoires secondaires notamment en amont de la confluence entre le ruisseau des Fontaines et le Chassezac (Sources RG et RD de Grospierres dont le cumul de débit approcherait 0,5 à 0,6 m³/s).



NB : La légende « points de contrôle » fait référence aux points de suivis négatifs

Figure 138 : Schématisation des directions d'écoulement des traceurs

VII PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

VII.1 INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est d'identifier les investigations complémentaires à mettre en œuvre afin d'obtenir un degré de connaissance suffisant pour permettre :

Sur les futures Zone de Sauvegarde Non Exploitées Actuellement (ZSNEA) :

- la réalisation de futurs captages des eaux souterraines ;
- la délimitation de l'impluvium à l'origine de la future ressource pouvant être mobilisée ;
- l'appréciation de la vulnérabilité au sein de ces zones délimitées ;
- la synthèse des pressions existantes et l'établissement des dispositions de préservation pour maîtriser/réduire ces pressions ou éviter l'implantation de futures activités à risque.

Sur les Zone de Sauvegarde Exploitées (ZSE) :

- une meilleure maîtrise du fonctionnement hydrogéologique afin de mieux préserver la ressource existante au sein des Zones de Sauvegarde Exploitées ;
- d'envisager une augmentation maîtrisée des prélèvements pour l'AEP tout en préservant la qualité.

Tout d'abord, ces propositions ne s'adressent donc qu'aux unités ou systèmes karstiques et triasiques insuffisamment connus dont le potentiel quantitatif est avéré ou fortement pressenti.

Ensuite, les investigations complémentaires doivent être adaptées à l'aquifère visé :

- milieu fracturé, karstique pour les calcaires du Jurassique et de l'Urgonien,
- milieu poreux et fissuré pour les grès du Trias.

Elles doivent aussi être définies à plusieurs niveaux de compréhension. Elles sont donc proposées :

- A l'échelle de l'unité aquifère, pour comprendre le fonctionnement global du système karstique ou celui de la ou les nappe(s) d'eau du Trias compartimenté : alimentation, échanges entre les différents niveaux du Trias, échanges avec les aquifères adjacents.
- Au droit des zones de sauvegarde, notamment dans l'objectif d'implanter un ou plusieurs forages de reconnaissance pour la recherche d'une nouvelle ressource pour le futur.

Remarque : la notion de « zone de sauvegarde » fait référence aux zones identifiées dans le rapport de phase 3.

Ces propositions techniques d'investigations complémentaires ne sont pas exhaustives et devront faire l'objet de discussions ultérieures avec les parties prenantes selon les enjeux de chaque zone et le coût des opérations.

VII.2 QUELS MOYENS ?

Pour implanter un futur forage, définir l'impluvium de la ressource, sa vulnérabilité et identifier les pressions anthropiques existantes, au sein des systèmes karstiques des calcaires du Jurassique et de l'Urgonien, on cherchera à préciser :

- Leurs structurations et leurs caractéristiques hydrodynamiques propres (volumes disponibles à l'exutoire, les réserves, la réactivité du système, les vitesses d'écoulement dans le système, ...)
- La qualité de l'eau aux exutoires ;
- L'impact sur le milieu des potentiels futurs prélèvements ;
- Leurs relations avec le milieu superficiel ;
- Les zones les plus contributives (zone d'infiltration, développement et position des réseaux) ;
- Leur vulnérabilité intrinsèque cartographiée (avec définition de la vulnérabilité de la ressource et de la source) ;
- Leur vulnérabilité extrinsèque (pressions actuelles et futures).

Il peut s'agir là d'un premier plan général de mesure et d'acquisition de données spatio-temporelles à mettre en œuvre à l'échelle des points d'eau identifiés sur les différents systèmes karstiques. Les outils pour acquérir ces informations seront alors les suivants :

- Mesures géophysiques ;
- Traçages ;
- Mise en place de système de mesure des débits (pose de seuils, de capteurs, d'échelles limnimétriques, jaugeages, ...) et des niveaux ;
- Acquisition de données météorologiques (précipitations, ETP) sur les stations METEO France ;
- Acquisition de données spéléologiques (cartographie de la topographie des réseaux, recalage de ces réseaux sur plan référencé), avec études structurales ;
- Analyses isotopiques (tritium, deutérium, oxygène 18, Strontium et Sélénium), ions majeurs (signature géochimique) ;
- Imagerie Infra-Rouge Thermique ;
- Méthode PaPRIKa pour caractériser la vulnérabilité intrinsèque ;
- Recensement exhaustif des pressions anthropiques.

Pour réaliser le même travail au sein des unités triasiques, milieux poreux et fissuré, il est nécessaire de connaître :

- La piézométrie locale de la(es) nappe(s) ;
- Les paramètres hydrodynamiques et la productivité locale de l'aquifère triasique ;
- Les échanges entre les différents niveaux du Trias, les échanges avec les aquifères adjacents ;
- La qualité naturelle des eaux souterraines (fer, manganèse, chlorures, sulfates, etc...) ;
- L'impact sur le milieu des potentiels futurs prélèvements ;
- Leur vulnérabilité intrinsèque cartographiée (avec définition de la vulnérabilité de la ressource) ;
- La pollution d'origine anthropique (nitrates, pesticides) ;
- La pression de prélèvement (nombre d'ouvrages, débits).

Pour le Trias, les investigations complémentaires pourront être les suivantes :

- Recensement d'ouvrages (sources, puits, forages) pertinents et représentatifs (connaissance de la profondeur et de la coupe technique) ;
- Diagraphies sur les forages existants (gamma ray, température, conductivité, micromoulinet, nitrates) ;
- Campagne piézométrique ;
- Cartographie des productivités ;
- Campagne de prélèvements pour analyses des ions majeurs, des pesticides, des isotopes tritium, deutérium, oxygène 18 ;
- Cartographie physico-chimiques ;
- Mise en place de système de mesure des débits (pose de seuils, de capteurs, d'échelles limnimétriques, jaugeages, ...) sur les sources triasiques ;
- Acquisition de données météorologiques (précipitations, ETP) sur les stations METEO France pour la détermination des pluies efficaces ;
- Etude et cartographie pédologique.

VII.3 PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES

La première phase de l'étude a permis de dresser un premier bilan des unités karstiques et triasiques situées sur le périmètre du SAGE Ardèche et d'apprécier leur potentiel quantitatif et qualitatif en vue de définir des zones de sauvegarde pour l'alimentation en eau potable future.

Les investigations complémentaires proposées ci-après ne concernent donc que les unités karstiques ou triasiques les plus favorables et où il y a un déficit de connaissance. Elles sont les suivantes :

Pour les unités karstiques des calcaires du Jurassique :

- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) proposée au sein de l'unité karstique « Nord-Vogüé » ;
- la Zone de Sauvegarde Exploitée (ZSE) proposée au sein de l'unité karstique « Saint-Alban-Auriolles » ;

Pour les unités karstiques des calcaires Urgoniens :

- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) proposée au sein de l'unité karstique « Vallée de l'Ibie » ;
- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Ilette » et la Zone de Sauvegarde Exploitée « Gérige » proposées au sein de l'unité karstique Gras-Laoul ;
- la Zone de Sauvegarde Exploitée « Belieure » au sein de l'unité karstique Viviers – Saint-Montan ;
- la Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Blache » localisée à l'extrême Est de l'unité karstique Rive gauche de la Cèze.

Pour les unités triasiques :

- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Trias Supérieur St Privat », proposée au sein de l'unité triasique « Vesseaux » ;
- la Zone de Sauvegarde Exploitée (ZSE) « Vistes », proposée au sein de l'unité karstique « Ailhon » ;
- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Trias Supérieur Rosières », proposée au sein de l'unité triasique « Rosières » ;
- la Zone de Sauvegarde Exploitée (ZSE) « Pazette », proposée au sein de l'unité karstique « Lablachère » ;
- la future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Trias Supérieur Méridional », proposée au sein de l'unité triasique « Lablachère » ;

Dans le détail, nous proposons donc de lister et hiérarchiser pour chaque unité karstique et triasique ou zones de sauvegarde futures :

- les types d'investigations à mener en priorité puis secondairement pour l'acquisition des données en précisant l'objectif des mesures ;
- la durée de suivi et d'enregistrement des données ou de réalisation des investigations ;
- le coût « approximatif » de chaque investigation.

Nous présentons les investigations aux deux échelles :

- soit à l'échelle du système karstique ou de l'aquifère triasique destinée à la compréhension globale du fonctionnement ;

- soit au droit de la zone de sauvegarde en vue de l'implantation d'un ou plusieurs forages de reconnaissance.

VII.3.1 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'UNITE KARSTIQUE NORD-VOGÜE

VII.3.1.1 Rappels

L'unité karstique « Nord Vogüé » est composée des calcaires et calcaires marneux du Jurassique supérieur (Malm). Cette unité localement monoclinale présente des couches sédimentaires plongeant d'environ 10° vers l'Est-Sud/Est.

La partie majoritairement aquifère du système Nord Vogüé est représentée par les formations calcaires situées entre le toit des calcaires de l'Oxfordien supérieur (Terres Noires) et les calcaires du Tithonique à l'affleurement ou sous couverture néocomienne à l'Est et basaltique au Nord, soit une épaisseur potentiellement aquifère d'environ 200m avec un niveau d'eau situé en basses eaux aux environs de 130-150m de profondeur. L'aquifère repose néanmoins *sensu stricto* sur les marnes imperméables du Callovien ce qui amène à une épaisseur totale de l'ordre de 300m.

L'unité karstique « Nord-Vogüé » a déjà fait l'objet de nombreuses investigations complémentaires de type traçage, et plus récemment, sous la forme de mesures géophysiques et d'un essai multitraçage, opérations largement décrites, commentées et interprétées dans les paragraphes précédents.

Au stade des connaissances actuelles, la prise en compte du contexte hydrogéologique global, des résultats des dernières investigations et des pressions exercées sur cette unité karstique, nous amène aujourd'hui à proposer la mise en place d'une future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) nommée ZSNEA « Nord-Vogüé » dont la délimitation serait la suivante (Figure 139) :

- au Sud, la zone industrielle de Lavilledieu, car les activités réalisées sur ce secteur sont de nature à augmenter considérablement la vulnérabilité d'un futur captage qui serait positionné plus au sud de cette zone à forte pression anthropique ;
- au Nord, le secteur de la Grotte du câble, car les données hydrogéologiques actuelles nous permettent d'avancer l'hypothèse de la présence d'une zone noyée de bonne productivité et forte réserve au sud de ce secteur ;
- à l'Ouest, la limite d'affleurement des calcaires karstiques du Tithonique, car l'extension latérale et l'épaisseur de la zone noyée est probablement plus limitée dans cette direction à la faveur des pendages notamment ;
- à l'Est, la limite d'affleurement des calcaires du Bérriasien et des marnes du Valanginien au-delà de laquelle la karstification est sans doute peu ou pas développée.

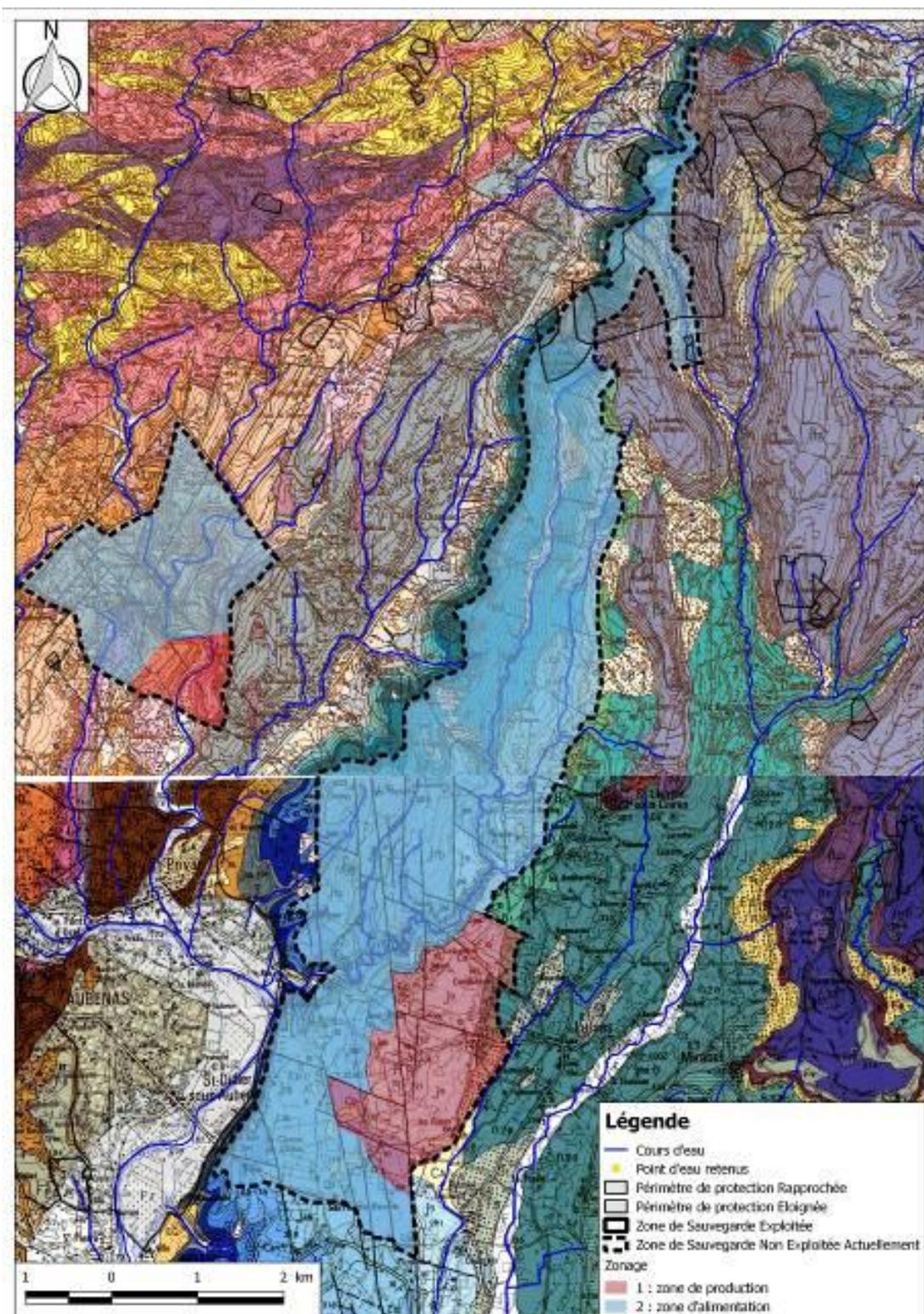


Figure 139 : délimitation de la ZSNEA "Nord-Vogüé »

VII.3.1.2 Des investigations d'ordre quantitatif pour confirmer les potentialités aquifères de cette future ZSNEA

Tenant compte :

- des investigations déjà réalisées et du degré de connaissance acquis sur ce système,
- de la difficulté d'évaluation des débits de l'exutoire principal, les sources du Pontet, qui aboutit à des incertitudes sur les réelles capacités de ce système,
- et de la nécessité d'acquérir maintenant une information plus directe,

Nous proposons la réalisation d'un ou deux forages de reconnaissance dans la zone 1 dite de "production" définie au sein de la future ZSNEA « Nord-Vogüé ». Ces forages permettront de reconnaître, directement et de manière précise, géologiquement et hydrogéologiquement, la zone noyée et de mettre en œuvre des essais de pompage qui permettront de valider le potentiel de ce système.

Le positionnement des forages nécessitera, au préalable, **la mise en œuvre d'une nouvelle campagne de géophysique destinée à préciser leur implantation**. La profondeur d'investigation et l'extension des profils seront plus réduites et calées sur les premiers résultats du profil géophysique réalisé au cours de la première phase de cette étude sur la commune de Lussas.

Les profils proposés recouperont, du Sud vers le Nord, les grands accidents déjà identifiés sur la carte géologique et ceux mis en évidence à l'aide du premier grand profil géophysique effectué.

Il est proposé de réduire l'espacement à 5m et d'envisager une profondeur d'investigation de l'ordre de 150m. Les profils ont été positionnés et sont présentés sur la Figure 140.

Après analyse et interprétation des profils, 1 ou 2 forages de reconnaissance pourront être réalisés sur les secteurs les plus favorables. Ils auront une profondeur de l'ordre de 200m maximum et seront créés en une ou plusieurs phases (forage et alésage ou forage direct) dans un diamètre terminal de 220mm. Ce diamètre permettra la mise en place d'une pompe de type 6" capable d'extraire des débits jusqu'à hauteur de 60 à 80 m³/h à 100m de profondeur.

Des diagraphies gamma ray, température, conductivité et micromoulinet permettront ensuite une meilleure caractérisation des arrivées d'eau sur la verticale des ouvrages.

Des essais de pompage de longue durée (1 semaine minimum), réalisés à l'étiage, permettront ensuite d'estimer la capacité d'exploitation du système karstique Nord-Vogüé. L'impact des prélèvements sera suivi sur tous les points d'eau pertinents et susceptibles de réagir au prélèvement. Un suivi physico-chimique de l'eau d'exhaure sera également réalisé (température, conductivité, pH, turbidité).

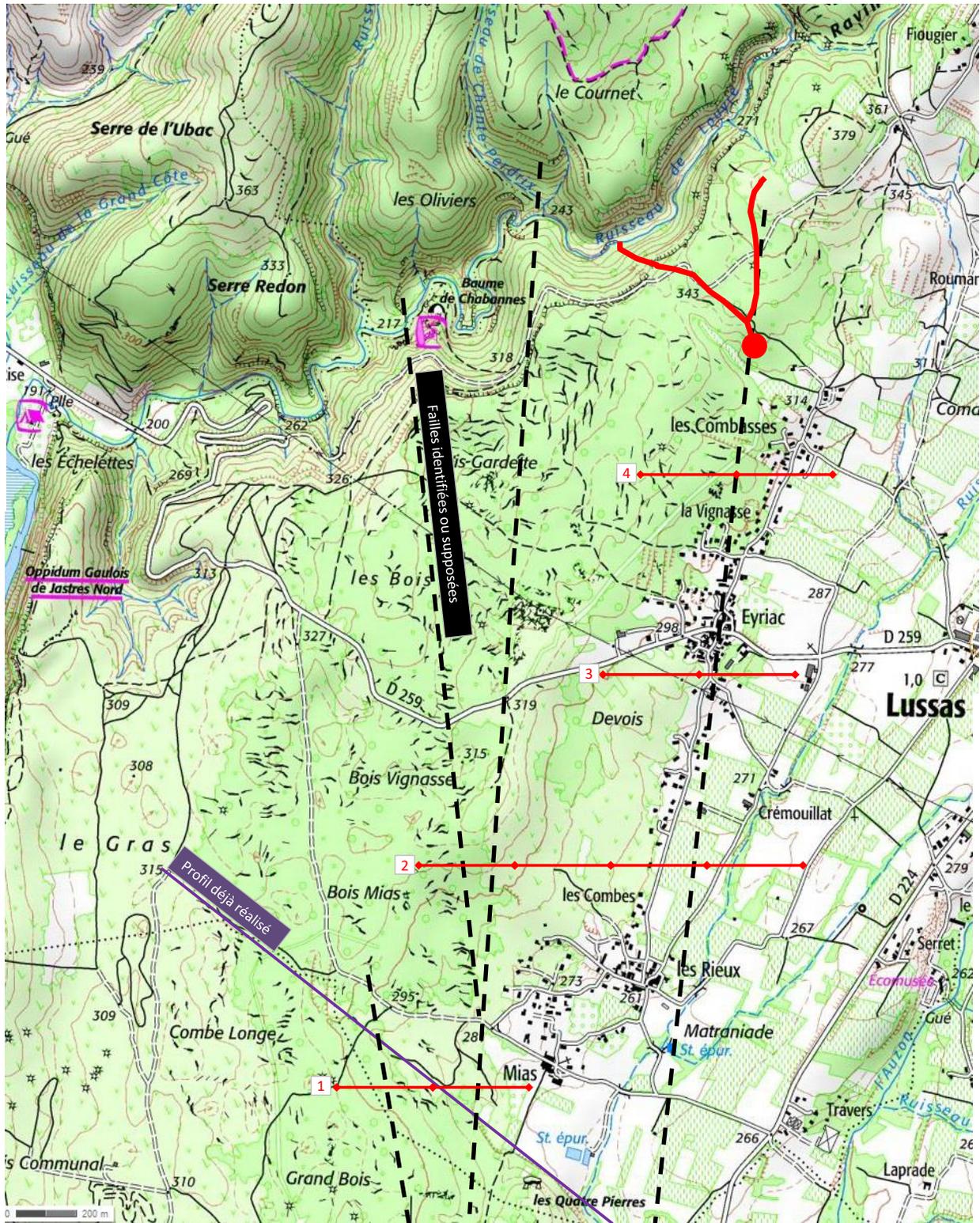


Figure 140 : positionnement prévisionnel des profils géophysique sur la ZSNEA « Nord-Vogüé »

VII.3.1.3 Des investigations destinées à étudier la réactivité du système, caractériser le potentiel de la ressource et mieux comprendre son fonctionnement

L'instrumentation de ces forages à l'aide de capteurs de niveau permettra d'acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques.

La pose de reefnets ou d'enregistreurs sur les points d'accès aux plans d'eau (Combe Rajeau, Abîme Valérie, Grotte du Câble...) **et aux différents exutoires permanents ou temporaires** (Baume de Chabanne, Sources de Vogüé (Estugnes et Pontet), Event des Poubelles, source de Ladou, source de la Louyre...) permettra d'assurer un suivi quantitatif continu sur la même durée.

La réalisation de jaugeages simples sur les plans d'eau ou exutoires précédents, lorsque cela sera possible, couplés aux enregistrements de niveau destinés à obtenir des chroniques de l'évolution du niveau d'eau du karst en différents points (10) permettra, notamment en période d'étiage, de suivre la phase de tarissement et de l'analyser à travers différentes méthodes d'analyses statistiques utilisées pour les hydrosystèmes karstiques telles que l'analyse des débits classés, les courbes de récession ou encore les analyses corrélatoires et spectrales.

La mise en place de 2 stations météorologiques locales (l'une sur la vallée de la Louyre, l'autre en tête de bassin de la vallée de l'Eyrolle, ou sur le plateau des Coirons) permettant d'acquérir un maillage plus dense des précipitations pour ensuite calculer la recharge. Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation en référence aux stations météorologiques situées plus à l'aval.

Enfin, **la réalisation de jaugeages sériés à fréquence mensuelle sur la Louyre** notamment mais également sur les autres petits cours d'eau recensés sur la zone de sauvegarde, temporaires et permanents, seront nécessaires pour mesurer la recharge du système par les pertes des cours d'eau ou les volumes d'eau qui échappent à l'infiltration vers l'aquifère karstique par ruissellement de surface.

VII.3.1.4 Des investigations visant à identifier d'autres sorties dans l'Ardèche :

Nous proposons la mise en œuvre d'un profil géoréférencé conductivité/température réalisé en rive gauche de l'Ardèche à l'aide d'un canoé entre le pont de Vogüé et Servièrre en aval de Lanas. Ce profil serait mis en œuvre en février et pourrait être complété par la réalisation d'une couverture thermique de la rivière sur les éventuelles anomalies détectées.

VII.3.1.5 Des investigations visant à préciser un bilan E/S :

Pour évaluer les entrées d'eau dans le système, il sera d'abord nécessaire de récupérer les données MétéoFrance d'une ou deux stations (3 cycles hydrologiques dans l'idéal). Les apports par les cours d'eau seront évalués régulièrement (1 campagne minimum mensuelle) par des jaugeages sériés sur l'Auzon (station de débit en place), le Bourdary, la Louyre et les autres cours d'eau mineurs et temporaires

recensés. Ces jaugeages serviront pour l'étalonnage des hauteurs d'eau enregistrées par la pose de reefnet dans ces mêmes cours d'eau à différents endroits.

Pour évaluer les sorties, nous proposons de procéder de la même manière (reefnet+jaugeages) sur les sorties telle que Chabanne, Poubelles, Estugnes, Pontet.

VII.3.1.6 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la future zone de sauvegarde :

Une fois la mise en exploitation de la zone 1 de la ZSNEA mise en œuvre, il nous semble indispensable de :

- Réaliser un repérage des éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles (dolines, scialets, avens...).
- Relever les réseaux spéléologiques connus, les niveler, faire de la géologie structurale au sein de ces réseaux pour pouvoir les recaler dans le contexte géologique du secteur.
- Mettre en œuvre quelques traçages complémentaires à la fluorescéine pour vérifier des relations ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.
- Evaluer la vulnérabilité intrinsèque sur la zone de sauvegarde par la méthode PaPRIKa.

VII.3.1.7 Des investigations d'ordre qualitatif :

Nous proposons enfin la mise en œuvre de prélèvements d'eau pour analyses géochimiques (ions majeurs) et isotopiques ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, 2H et 3H) sur les principaux plans d'eau et exutoires. Ils permettraient :

- de dater les eaux,
- de nous renseigner sur l'altitude moyenne des bassins versants,
- de nous renseigner sur le mode de circulation des eaux (signature géochimique).

VII.3.1.8 Coûts des investigations proposées

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
4 profils géophysique - espacement 5m pour des investigations jusqu'à 120-150m de profondeur	Préciser l'implantation des forages de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
2 Forages de reconnaissance de 200m de profondeur y compris développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Reconnaissance géologique, confirmation du potentiel zone noyée	1 mois	Un peu avant l'étiage	2 x 33000.00	1
Essai de pompage (1 semaine) – 1 forage	Caractériser les volumes disponibles de la zone noyée	1,5 semaine	Etiage	20000.00	1
Instrumentation 2 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Dès la fin des forages	2000.00	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				103 000,00 €	

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Mise en œuvre et interprétation d'un profil conductivité/température sur l'Ardèche	Identifier d'éventuelles émergences noyées en rive gauche de l'Ardèche	1 semaine	Février	5000.00	2
Couverture thermique	Confirmer les anomalies détectées	1 semaine	Février	12000.00	2
Acquisition, pose/dépose de reefnets (10) et/ou enregistreurs de niveau (10) au droit des plans d'eau et des principaux exutoires permanents ou temporaires	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 semaines	Dès que possible	15000.00	2
Acquisition, installation de 2 stations météorologiques	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1 journée	Dès que possible	2000.00	2
Jaugeages simples aux exutoires ou plan d'eau lorsque c'est possible – fréquence mensuelle	Etablir une courbe d'étalonnage des débits	1 journée	1 fois/mois	28 800.00/an Soit 86400.00 euros pour 3 cycles hydrologiques	2
Jaugeages séries sur la Louyre – fréquence mensuelle	Evaluer les pertes par infiltration et les volumes restants en ruissellement	1 journée	1 fois/mois		2
Relevé capteurs, reefnets à fréquence mensuelle puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 journée	1 fois/mois		2
Prélèvement et Analyse d'un échantillon d'eau (laboratoire COFRAC) (tritium, O18/O16, ions majeurs), y compris traitement et interprétation des données (10 pts)	Datation des eaux, signature géochimique, altimétrie BV	1 journée	Etiage	5000.00	2
Repérage d'éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles	Détermination de la vulnérabilité de la ressource au droit du BV		Toute l'année	7000.00	2
Acquisition des relevés topographiques des réseaux spéléologiques connus	Cartographie de la vulnérabilité		Toute l'année	6000.00	2
Traçage Fluorescéine non quantitatif – 1 point d'injection/3 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de la source	1 mois	Fonction des caractéristiques du point d'injection et de restitution	8000.00	2
Evaluation de la vulnérabilité intrinsèque (Méthode PaPRIKa)	Détermination de la vulnérabilité de la source	1 mois	Toute l'année	4000.00	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				150 400,00 €	

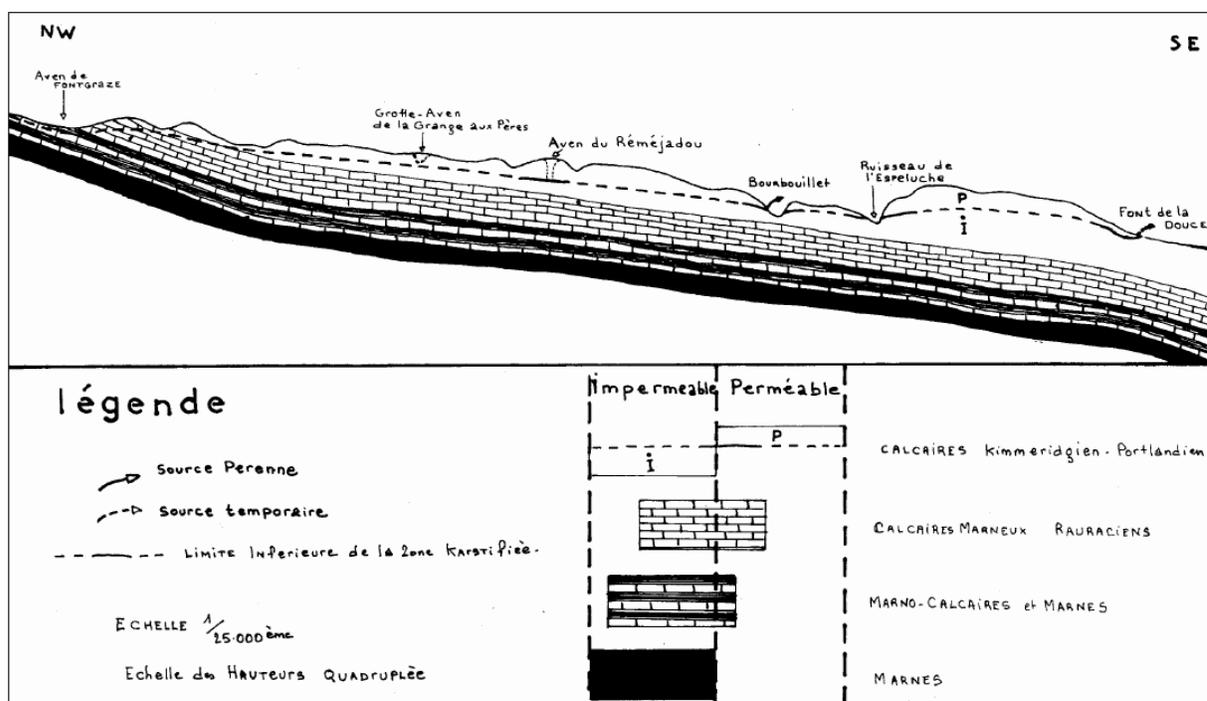
VII.3.2 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'UNITE KARSTIQUE SAINT-ALBAN-AURIOLLES

VII.3.2.1 Rappels

La ZSE St-Alban-Auriolles correspond à une partie de l'unité du même nom définie en phase 1 de cette étude. Ainsi nous avons conservé uniquement la zone de production de Gerbial (zone de production exploité à l'heure actuelle par le SEBA) ainsi que le karst de St-Alban (en excluant tout ou partie le karst de Coudon et le karst d'Auriolles qui se situent aux extrêmes Ouest et Est de ce secteur.

Cette ZSE est constituée majoritairement à l'affleurement de calcaires du Jurassique supérieur. La structure générale de cette zone karstique est monoclinale avec un pendage assez monotone de 5 à 10° vers le sud-est. Les calcaires jurassiques s'enfoncent ensuite au niveau du Chassezac au sud-est de notre ZSE sous les marnes valanginiennes. A noter que sur l'emprise de notre massif rive gauche du Chassezac, une petite partie est recouverte des marno-calcaires berriasiens (n_1) ; ces marno-calcaires sont toutefois d'un épaisseur limitée (environ 25 m), fracturés et partiellement érodés.

La fracturation kilométrique et hectométrique est principalement regroupée sous deux directions : N0 à N20° et N120 à N130°, mais il existe une direction secondaire N40° bien représentée pour les fractures longues.



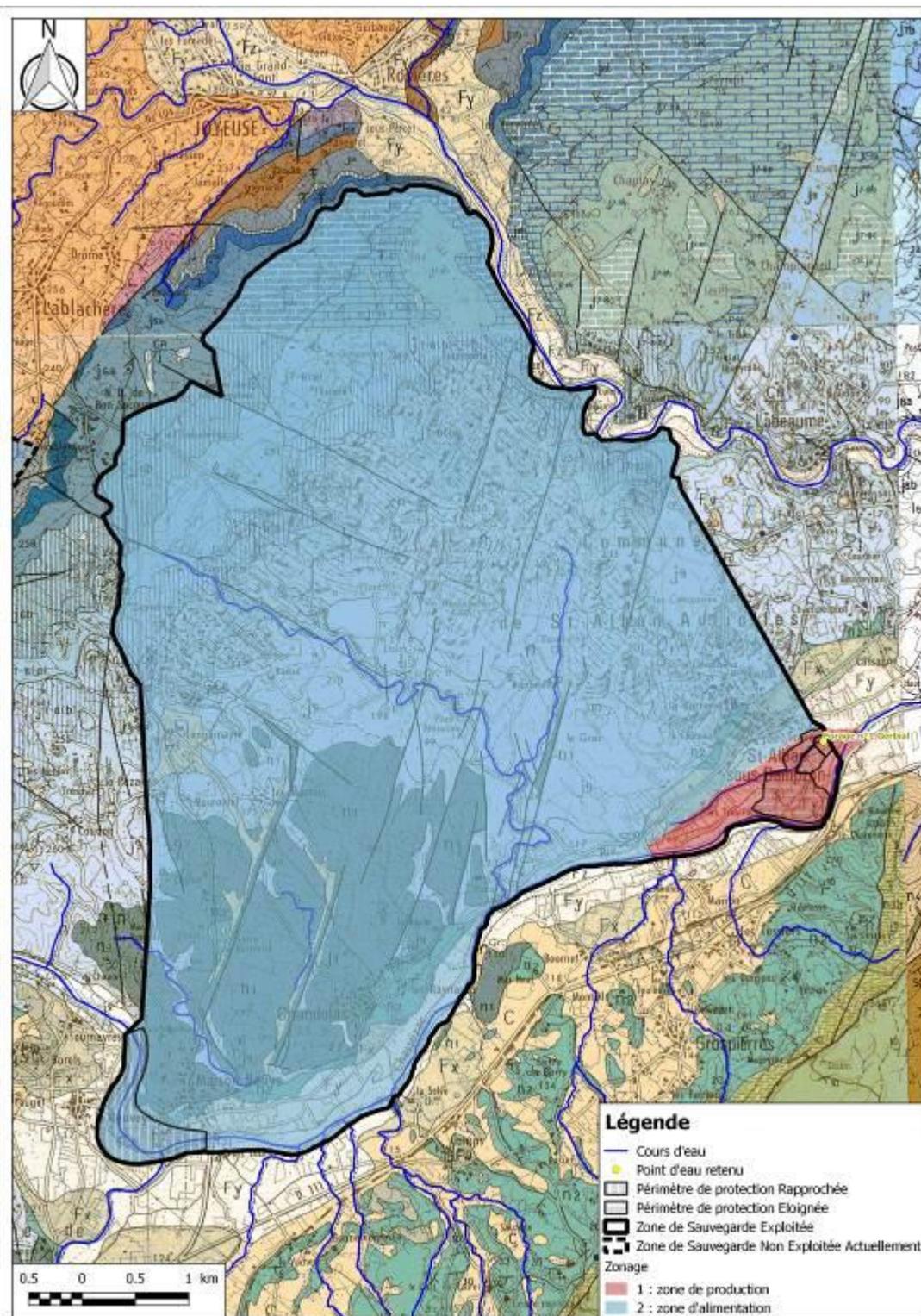


Figure 142 : délimitation de la ZSE « Saint Alban Auriolles »

D'un point de vue hydrogéologique, certaines zones se trouvent plus karstifiées que d'autres. Cependant contrairement à ce qui était avancé historiquement, la couverture berriassienne n'a pas empêché la karstification des calcaires tithoniques sous-jacents.

Le secteur est marqué par le système Réméjadou – Bourbouillet (rivière souterraine pérenne). Les récentes avancées spéléologiques (Serret) sur le secteur tendent à montrer que les réseaux karstiques se sont principalement développés selon des grandes directions de fractures induisant une direction générale d'écoulement vers le sud-est avec une composante vers le sud. Les spéléologues constatent des écoulements permanents dans certaines cavités, des liaisons avec des émergences de trop-plein et quelques rares sources permanentes en rive gauche du Chassezac. Enfin certains réseaux montrent des siphons. Les orientations des réseaux pénétrables sont clairement dictées par les grandes directions des fractures, le long desquelles des pertes et des sources temporaires jalonnent notre système.

Les découvertes spéléologiques récentes concernent également des réseaux pénétrables dans les calcaires sous la couverture berriassienne où la karstification semble également conditionnée par les grandes fractures.

L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 12,5 km de linéaire. Les réseaux karstiques connus actuellement se situeraient plutôt dans la zone épinoyée, avec des mises en charge alimentant des sources de trop-plein ; les exutoires permanents seraient masqués par les dépôts alluviaux du Chassezac.

La question d'une importante zone noyée dans cette ZSE reste posée.

Sur la ZSE St-Alban, plusieurs captages AEP d'importance sont présents, il s'agit :

- du **puits des Fontaines** à Saint-Alban-Auriolles : l'ouvrage capte la nappe alluviale alimentée ici par les venues karstiques sous-jacentes ; débit exploitable de 110 m³/h
- des **puits du champ captant de la Gorce**: 3 puits exploitent sur Grospierres la nappe alluviale et disposent d'une capacité totale de 105 m³/h.
- des **deux forages de Gerbial** à Saint-Alban-Auriolles : les forages exploitent l'aquifère karstique, l'un par l'intermédiaire des alluvions, l'autre grâce à un conduit recoupé à 70 m de profondeur. Les deux forages ont été testés à 200 m³/h en simultanément pour un rabattement spécifique de 52 et 110 m³/h/m (respectivement forages FG1 et FG2).

Les pompages d'essai ont permis d'affirmer qu'il existe d'importantes circulations souterraines au sein des calcaires jurassiques sous la terrasse alluviale de Saint Alban.

Voici les données de débit connues pour les sources présentes sur l'unité St-Alban :

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Nature des points d'eau	Site	Date	Débit (m3/h)	Débit (littres/s)	Situation hydrologique	Source
Cours d'eau superficiels	Ruisseau des Fontaines	11/08/2010	1676,16	465,6	Etiage	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2010
		19/07/2012	2070	575	Etiage	Etudes hydrogéologiques, RABIN, 2012
Sources du plateau calcaire de St-Alban	Bourbouillet	04/02/2014	3078	855	Hautes eaux après la recharge hivernale 2014 importante	Université de Montpellier
	Resurgence de la Digue		54	15		
	Creux de Bouchard		97,2	27		
	Fontgraze		363,6	101		
	La Douce		453,6	126		
	Fontaine Pelouse		2066,4	574		
	Ranc Rouge		514,8	143		

Tableau 28 : les débits des sources et résurgences importantes de l'unité St-Alban

En matière de potentiel quantitatif et hormis sur le site de Gerbial, la ZSE St-Alban est marquée par :

- le système Réméjadou – Bourbouillet (rivière souterraine pérenne),
- les sources du Ranc d'Avène (dont des sorties pérennes sous le lit du Chassezac),
- et les importantes résurgences de Chamrousset, qui donnent naissance au ruisseau des Fontaines.

Le secteur de la source du Ranc d'Avène semble prometteur, mais des investigations complémentaires restent à mener.

Voici les traçages réalisés historiquement sur le secteur :

Tableau récapitulatif des traçages effectués dans l'entité				
Injection	Réapparition	Quantité de traceur	Temps de restitution	Vitesse de transfert
Réméjadou	Bourbouillet	400g (fluorescéine)	12h	70 m/h
Perte du ruisseau du bois de la Blachère	Résurgence de la Blachère	80-100g (fluorescéine)		
Pertes du Chassezac à Maisonneuve	Source de Chamrousset	3 kg (fluorescéine)		
	Ruisseau des Fontaines			
Event des Cascades	Event des Cascades (2ème orifice)	(fluorescéine)		
Siphon S1 du Tirbirou	Aven du Ranc Belu	(fluorescéine)		
Perte des Raoux	Puits Pelouse			
Event des Cascades	Tirbirou (3% de restitution)	200g (fluorescéine)	90h40	14 m/h
Reinette	Puits Pelouse	1 kg (NaCl)		12 m/h (pas affirmé)
	Ranc d'Avène			5 m/h
Reinette (Siphon amont et aval)	Ranc d'Avène	1,3 kg (fluorescéine)		

Tableau 29 : récapitulatif des traçages effectués dans l'unité St-Alban

Dans le cadre de cette même étude des ressources souterraines stratégiques, nous avons procédé à un multi-traçage en mai-juin 2016.

VII.3.2.2 Les traçages réalisés en 2016

Malgré la bonne connaissance hydrogéologique et spéléologique de cette ZSE et des dernières avancées en matière de traçage, il nous paraît indispensable de proposer plusieurs investigations complémentaires qui consisteraient dans :

- les investigations d'ordre quantitatif, pour tenter de connaître le potentiel maximum exploitable et notamment sur le site de Gerbial ;
- les investigations visant à mieux comprendre la répartition karstique et superficielle du système aquifère sur le site de Gerbial.
- et les investigations visant à préserver la vulnérabilité de la zone de Sauvegarde.

VII.3.2.3 Des investigations d'ordres quantitatifs et qualitatifs :

Malgré un certain nombre de réponses apportées lors du dernier traçage réalisé sur le karst de St-Alban et depuis les pertes du trou St-Victor sur le Chassezac, il reste quelques doutes qu'il serait important de lever :

- **Quelle est l'étendue de la zone noyée dans le secteur de Gerbial**
- **Tenter de mieux cerner la part d'alimentation du karst afin de renforcer la compréhension hydrogéologique de l'aquifère et par conséquent d'adapter la protection de ce site stratégique pour l'AEP future du bassin de l'Ardèche.**
- **Implanter un nouvel ouvrage visant à tester les capacités maximales du karst.**

Au vu de ces différents points nous proposons plusieurs investigations complémentaires :

- L'analyse des isotopes de l'Oxygène et de l'Hydrogène pour déterminer la part d'alimentation entre karst et cours d'eau ainsi que pour la datation des eaux.
- la réalisation d'un **nouveau multitraçage depuis le karst** cette fois-ci en période d'étiage sévère afin de favoriser la circulation souterraine des traceurs et par conséquent leurs enfoncement dans la possible zone noyée (contrairement aux derniers traçages où les pluies ont malheureusement joué un rôle de piston, favorisant la mise en charge du karst et l'évacuation de tout ou partie des colorants). Les points d'injection peuvent rester ceux de mai 2016 (hormis le trou St-Victor dont les résultats ont été satisfaisants) mais ils peuvent également être déplacés (perte des Raoux...).
- La réalisation d'une campagne d'implantation d'un nouvel ouvrage (en gros diamètre >500 mm) par géophysique qui permettra ensuite le test du karst à des débits très importants (>500 m³/h) ; foration et équipement de l'ouvrage ; pompage d'essai 1 mois avec traçage en cours de pompage ; suivi de l'incidence sur les forages AEP de Gerbial ainsi que sur le milieu naturel ; suivi spéléologique (mise en place de reefnet dans les cavités les plus proches : Font la Douce...)
- L'instrumentation permanente d'un des forages de Gerbial (F1 ayant recoupé le conduit karstique à env.-70 m semble le plus pertinent) et d'un possible nouvel ouvrage à l'aide de capteurs (pression, température, conductivité). Cela permettant une meilleure connaissance de la réaction du karst face à différents événements (pluies cévenoles, crues et/ou lachers sur le Chassezac...). Une station pluviométrique existe à Rosières, elle permettra de connaître les précipitations pour corréler les données piézométriques.

VII.3.2.4 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la zone de sauvegarde :

Vu le contexte hydrogéologique et notamment au niveau de la zone de production de Gerbial (qui dispose clairement d'un mélange entre les eaux issues du plateau karstique et des eaux issues des pertes du Chassezac), il apparaît indispensable de proposer les études suivantes :

- Réaliser un repérage des éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles (dolines, scialets, avens...).
- Mettre en œuvre quelques traçages complémentaires à la fluorescéine pour vérifier des relations ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.
- Proposer un plan d'action et de concertation afin de s'assurer que l'ensemble des acteurs locaux sont conscients du potentiel productif de cette zone et qu'elle doit être plus que tout sauvegarder pour les populations futures (Mise en valeur du patrimoine karstique du secteur, sécurisation des différents avens et regards sur le karst, communication, plan d'alerte etc.. pour éviter les accidents notamment vis-à-vis du grand public).
- Evaluer la vulnérabilité intrinsèque sur la zone de sauvegarde par la méthode PaPRIKa.

Il pourrait également être tenté de dresser une carte piézométrique hautes eaux / basses eaux du secteur de Gerbial.

VII.3.2.5 Coûts des investigations proposées

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Campagne d'implantation d'un nouvel ouvrage avec 3 profils géophysiques de 630m	Préciser l'implantation d'un forage de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	20000.00	1
Création d'un nouvel ouvrage <100 m avec chambre de pompage en gros diamètre, développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Tenter d'estimer le potentiel maxi du karst dans le secteur de Gerbial dans la limite de la compatibilité avec les ouvrages actuels et en tenant compte des diverses incidences	1 mois	Un peu avant l'étiage	50000.00	1
Pompage d'essai 1 mois à très gros débit >500 m3/h (sur groupe électrogène), analyse d'eau et interprétation		1 mois	A l'étiage	30000	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				100 000,00 €	
Analyses (10) O18/O16 et tritium	Datation des eaux	1 semaine	2 campagnes hautes eaux / basses eaux	5000.00	2
Multitraçage à l'étiage	Clarifier la participation du karst dans l'alimentation du site de Gerbial	1 mois	Etiage	25000.00	2
Instrumentation de 2 forages avec relevé GSM durant les 3 à 5 premières années + relevé station	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes	1 jour	Toute l'année	12000.00 (hors pose/dépose pompe éventuelle)	2
Analyse histoire paléogéographique Repérage géomorphologique	Estimer potentiel de karstification en profondeur - Renforcer la connaissance sur la vulnérabilité karstique locale ; dresser un inventaire du patrimoine karstique	2 semaines	Toute l'année	15000.00	2
Plan d'action et de concertation vis-à-vis des administrations, associations, syndicats et du grand public	Permettre la prise de conscience du patrimoine karstique vis-à-vis de la protection d'une ressource d'eau à protéger ; communication	2-3 mois	Toute l'année	15000.00	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				72 000,00 €	

VII.3.3 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'UNITE KARSTIQUE VALLEE DE L'IBIE

VII.3.3.1 Rappels

L'unité karstique « Vallée de l'Ibie » est caractérisée par un vaste affleurement calcaire du Crétacé et plus précisément d'une série qui va du Barrémien inférieur au Barrémien supérieur à faciès Urgonien. Cette unité s'étend dans sa partie méridionale au nord de Vallon-Pont-d'Arc, de Lagorce à la Dent de Rez. Sa partie septentrionale est plus étroite et borde, à l'Est, la vallée de l'Ibie jusqu'au Nord de Rochecolombe.

Cette seconde partie de l'unité est déjà largement exploitée par les communes de Rochecolombe et Lagorce (Sources du Moulin, de Font-Garou et forage d'Orbeire) et n'a pas été retenue comme zone de sauvegarde dans la suite de l'étude, en partie à cause d'un potentiel quantitatif restant limité et un positionnement moins favorable par rapport à la localisation des besoins futurs.

En revanche, la partie méridionale de l'unité, drainée sur toute sa longueur par l'Ibie, apparaît beaucoup plus intéressante aux regards des informations collectées essentiellement par les spéléologues et des mises en charge régulières constatées au droit de nombreux exutoires temporaires tels que l'évent de Rives.

La basse vallée de l'Ibie a ainsi fait l'objet d'un essai multi-traçage en mars 2016 qui a permis de préciser la limite Est de l'unité et quelques modalités d'écoulement des eaux infiltrées sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze. Ces essais ont bien mis en évidence le rôle de trop-plein de l'évent de Rives mais également des deux exutoires moins connus de Carrefour et Pracoutel.

A ce jour, des sondes reefnets sont installées sur 3 points d'eau et l'Ibie au niveau du pont de la Combe depuis mars 2016 et permettent un suivi des hauteurs de mise en charge. Ce dispositif devra être complété par la pose d'autres enregistreurs et les niveaux suivis par les sondes devront être rattachés dans un système géo-référencé.

Au stade des connaissances actuelles, la prise en compte du contexte hydrogéologique global, des résultats de ces investigations, et de l'occupation des sols sur cette unité karstique (zone urbaine de Vallon-Pont-d'Arc), nous amène aujourd'hui à proposer la mise en place d'une future Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement, nommée ZSNEA « Basse Vallée de l'Ibie » dont la délimitation serait la suivante (Figure 143) :

- Au Nord, l'Ibie au niveau des Sallèles,
- Au Sud, Le pont sur l'Ibie qui permet l'accès au Razal,
- A l'Est la limite d'affleurement entre le Barrémien marneux et le Barrémo-Bédoulien calcaire puis la vallée sèche des Estrèches jusqu'à l'évent de Rives,
- A l'Ouest, L'Ibie au niveau de sa confluence avec le Salastre puis la plaine de Tabias jusqu'à l'évent de Rives.

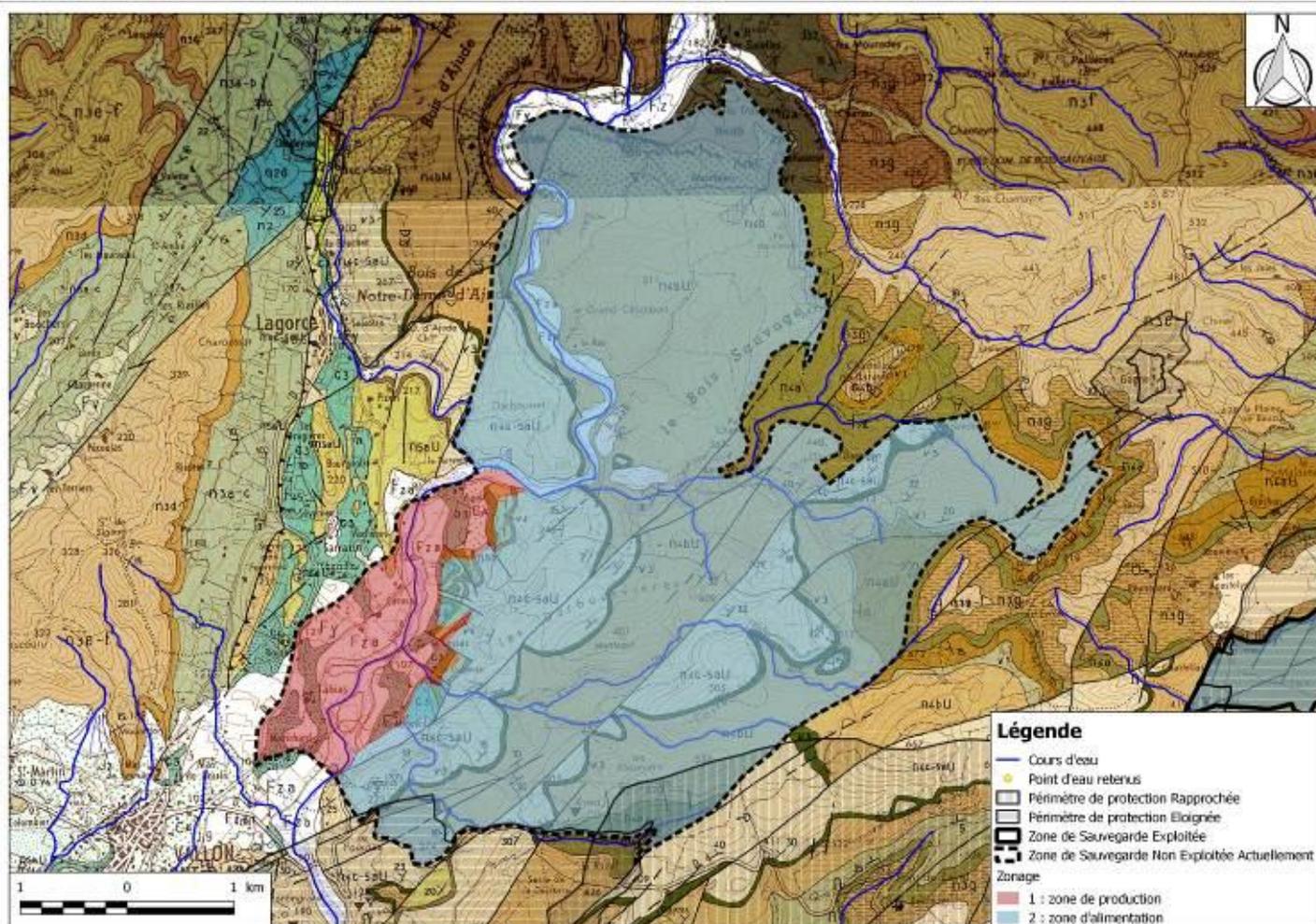


Figure 143 : ZSNEA "Basse Vallée de l'Ibie"

Les investigations complémentaires sont donc proposées uniquement à l'échelle de la future ZSNEA et doivent répondre à cinq objectifs :

- préciser les limites de la zone noyée au Nord de la montagne du Montingrand ;
- confirmer les potentialités aquifères de ce système karstique ;
- identifier et caractériser les interactions entre la zone noyée et l'Ibie ;
- préciser les volumes exploitables et les volumes de réserves ;
- organiser la préservation de cette future zone de sauvegarde.

VII.3.3.2 Des investigations d'ordre quantitatif et destiné à vérifier les relations Ibie/karst :

Avant de passer à la phase de reconnaissance grâce à l'implantation d'un forage, il nous paraît tout d'abord important de compléter l'instrumentation déjà mise en place avec la pose de reefnets supplémentaires (exemple : grotte de la vieille, source du Torrent) et le rattachement de ces mesures à un système géo-référencé. Le suivi pourrait être poursuivi sur au moins 3 cycles hydrologiques.

Nous proposons ensuite :

- **La mise en place d'une station météorologique** sur le plateau de Saint-Remèze (en tête de la vallée du Baravon ou de l'Enfer) permettant d'acquérir un maillage plus dense des précipitations pour ensuite calculer la recharge. Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation en référence à la station météorologique située plus à l'aval sur Vallon-Pont-d'Arc.
- **La réalisation de jaugeages simples sur les plans d'eau ou exutoires déjà identifiés**, dans la mesure du possible, et couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de l'évolution du niveau d'eau du karst en différents points (10), et ceci pendant au moins 3 cycles hydrologiques. Le couplage des jaugeages simples et des enregistrements de niveau permettrait notamment en période d'étiage de suivre la phase de tarissement et de l'analyser à travers différentes méthodes d'analyses statistiques utilisées pour les hydro systèmes karstiques telles que l'analyse des débits classés, les courbes de récession ou encore les analyses corrélatives et spectrales.
- **Des campagnes de jaugeages sériés et mensuelles sur l'Ibie** (10 sections) depuis la source de Font-Garou jusqu'à la confluence avec l'Ardèche. L'étude des relations Ibie-Karst est fondamentale pour comprendre le fonctionnement de ce système karstique, pour mesurer la recharge et voir si les pertes de l'Ibie sont bien destinées au karst et non aux écoulements sous-alluviaux.
- **La mise en œuvre d'une inspection vidéo et d'une diagraphie gamma ray et micromoulinet** sur le forage de M. Divol pour vérifier la coupe technique et géologique, localiser et quantifier les arrivées d'eau.
- **Implantation d'1 forage de reconnaissance, étanché en surface, tests et vérification de l'incidence des pompages sur les plans d'eau en cavité, l'Ibie et les sources.**

VII.3.3.3 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité de la zone de sauvegarde :

Une fois le potentiel de la zone reconnu, et après la mise en œuvre de l'exploitation de la ressource au sein de la zone 1, il nous semble indispensable de :

- Réaliser un repérage des éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles (dolines, scialets, avens...) sur la retombée occidentale du plateau de Saint-Remèze.
- Relever les réseaux spéléologiques connus, les niveler, faire de la géologie structurale au sein de ces réseaux, compléter par une étude structurale de surface.

- Mettre en œuvre un essai multi-traçage à l'aide de traceurs fluorescents et réalisé à l'étiage (injection dans les pertes de l'ibie, au droit de la grotte de la vieille et à la grotte du Raid – suivi sur la source du Torrent, à l'évent de Rives, l'évent des Fées, Grotte du raid au captage du Bœuf) pour préciser des relations ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.3.4 Des investigations d'ordre qualitatif :

Nous proposons enfin la mise en œuvre de prélèvements d'eau pour analyses géochimiques (ions majeurs) et isotopiques ($^{18}O/^{16}O$, $2H$ et $3H$) sur les principaux plans d'eau et exutoires. Ils permettront :

- de dater les eaux,
- de nous renseigner sur l'altitude moyenne des bassins versants,
- de nous renseigner sur le mode de circulation des eaux (signature géochimique).

VII.3.3.5 Coûts des investigations proposées

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
4 profils géophysique - espacement 5m pour des investigations jusqu'à 120-150m de profondeur	Préciser l'implantation des forages de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
2 Forages de reconnaissance de 200m de profondeur y compris développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Reconnaissance géologique, confirmation du potentiel zone noyée	1 mois	Un peu avant l'étiage	2 x 33000.00	1
Essai de pompage (1 semaine) – 1 forage	Caractériser les volumes disponibles de la zone noyée	1,5 semaine	Etiage	20000.00	1
Diagraphie micromoulinet – température – conductivité sur le forage de M. Divol, y compris dépose/repose de la pompe immergée	Localiser la position des arrivées d'eau dans le forage, les quantifier	1 journée	Hors période estivale	3000.00	1
Acquisition, installation d'une station météorologique	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1 journée	Dès que possible	1500.00	1
Jaugeages simples aux exutoires ou plan d'eau lorsque c'est possible – 6 fois dans l'année	Etablir une courbe d'étalonnage des débits	2 journées	6 fois/an quand c'est possible	25 800.00/an Soit 77400.00 euros pour 3 cycles hydrologiques	1
Jaugeages séries sur la l'bie – fréquence mensuelle	Evaluer les pertes par infiltration et les volumes restants en ruissellement	1 à 2 journées	1 fois/mois		1
Relevé reefnets tous les 6 mois puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 journée	2 fois/an		1
Instrumentation d'un plan d'eau souterrain (2)	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Dès que possibles	4100.00 (3 cycles hydro)	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				187 000,00 €	

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Prélèvement et Analyse d'un échantillon d'eau (laboratoire COFRAC) (tritium, O18/O16, ions majeurs), y compris traitement et interprétation des données (10 pts)	Datation des eaux, signature géochimique, altimétrie BV	1 journée	Etiage	5000.00	2
Repérage d'éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles	Détermination de la vulnérabilité de la ressource au droit du BV		Toute l'année	7000.00	2
Acquisition des relevés topographiques des réseaux spéléologiques connus	Cartographie de la vulnérabilité		Toute l'année	6000.00	2
Essai multi-traçage aux traceurs fluorescents non quantitatif – 3 points d'injection/5 points de restitution – 1 mois	Détermination de la vulnérabilité de la source	1 mois	Etiage	25000.00	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				43 000,00 €	

VII.3.4 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR L'UNITE KARSTIQUE GRAS-LAOUL

VII.3.4.1 Rappels

L'unité karstique « Gras-Laoul » est l'unité la plus étendue du domaine d'étude, elle est caractérisée par les calcaires du barrémo-bédouliens à faciès urgonien sur une épaisseur comprise entre 390 et 460m. La caractéristique principale de cette zone structurale est l'abondance et la longueur des accidents orientés Nord 140 – 160° qui découpent en autant de lanière cette unité karstique sur laquelle il est proposé deux zones de sauvegarde :

- La Zone de Sauvegarde Exploitée (ZSE) « Gérige » ;
- La Zone de Sauvegarde Non Exploitée Actuellement (ZSNEA) « Ilette ».

Remarque : la ZSNEA « Ilette » est pratiquement une ZSE puisque le forage a été équipé d'une pompe immergée au cours de cette étude et va rapidement être mis en service par VEOLIA pour le compte de la DRAGA.

Malgré les thèses réalisées dans les années 1980, la délimitation et le fonctionnement de ce système karstique reste mal connus. Les principales investigations réalisées jusqu'à ce jour concernent le système de Tourne en lien avec les deux forages de Gérige qui captent le conduit karstique.

L'absence d'une connaissance approfondie du bassin hydrogéologique de ces sources amène aujourd'hui à une protection des forages définie par défaut.

Nous rappelons sur la [Figure 144](#) la délimitation de la ZSE « Gérige et de la ZSNEA « Ilette ».

Le dimensionnement des investigations proposées est à discuter dans le détail et à caler en fonction des ambitions et des implications possibles des collectivités de la bordure de la vallée du Rhône. Une action d'information et de pédagogie des décideurs et populations locales paraît également indispensable.

Nous avons distingué deux niveaux d'investigations complémentaires :

- Les investigations prioritaires sur les zones de sauvegarde dans le but d'organiser la préservation des points d'eau AEP existants.
- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter et améliorer la compréhension du fonctionnement de cette unité karstique ;

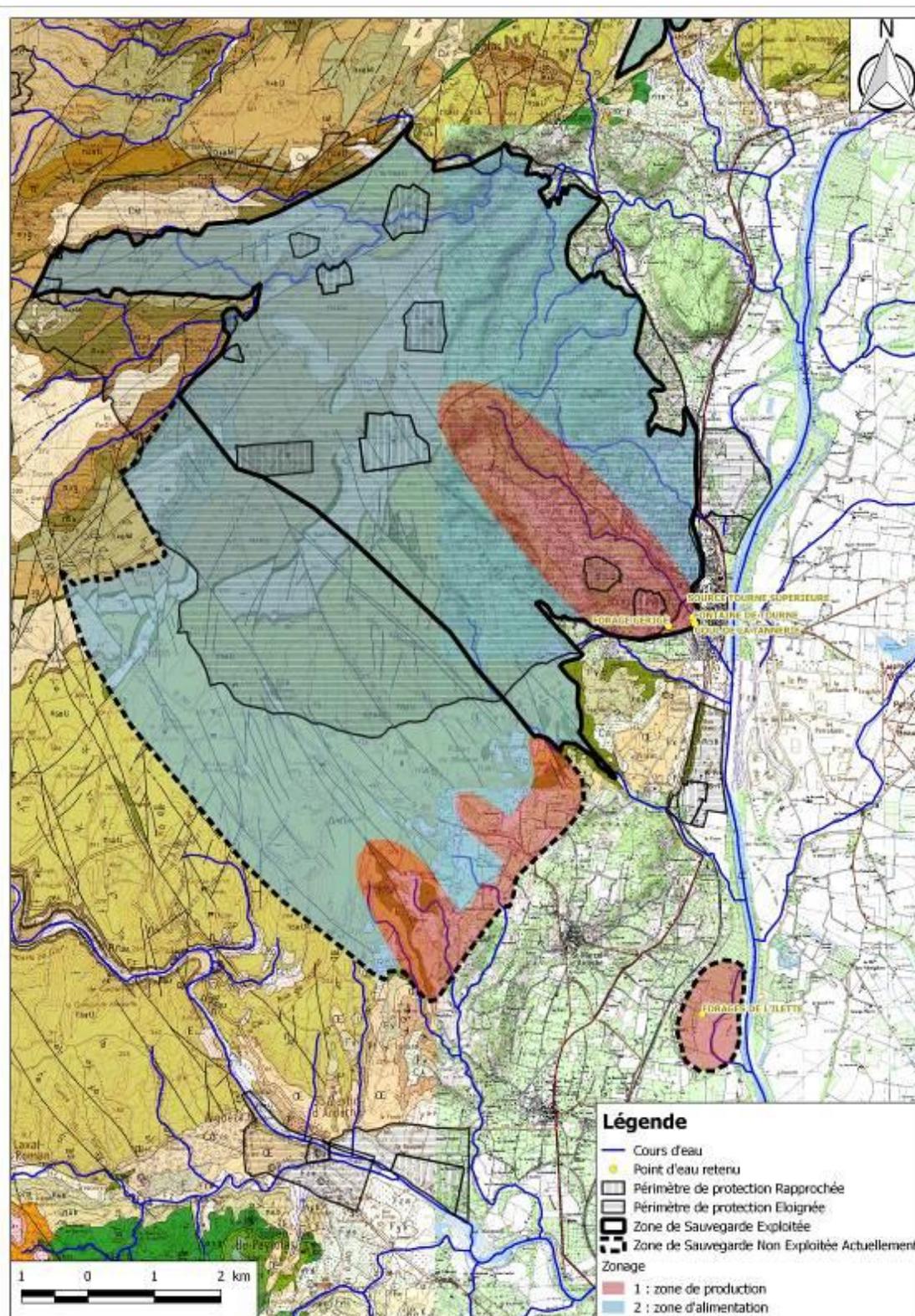


Figure 144 : délimitation des zones de sauvegarde "Illette" et « Géрге »

VII.3.4.2 Des investigations visant à préciser le mode d'alimentation du forage de l'Ilette :

Le forage Ilette traverse les alluvions du Rhône sur 18 m de profondeur, des argiles sableuses, puis des grès indurés puis des sables jusqu'à 268m de profondeur avant de reconnaître les calcaires urgoniens sur 10m (fond du forage : 278 m). Le karst est rempli par des sables, la nappe est artésienne avec un débit d'exhaure en surface de l'ordre de 25 m³/h. Ce forage est destiné à être exploité au débit de 150 m³/h pour sécuriser les forages de Gérige qui rencontrent régulièrement des dépassements sur le paramètre turbidité.

Pour autant, les crépines ont été positionnées jusqu'à 271m de profondeur, ce qui tendrait à indiquer que si les calcaires sont directement fracturés et productifs au droit du forage, ils ne seraient finalement captés que sur 3 mètres d'épaisseur.

Par ailleurs, la ré-interprétation du pompage de longue durée réalisé pendant 6 jours au débit de 100 m³/h montre une limite d'alimentation à compter d'une quarantaine d'heures traduite par l'augmentation progressive du rabattement.

Il nous semble donc opportun de vérifier ce que capte réellement ce forage et/ou de connaître la part de l'eau fournie par les calcaires et celle fournie par les formations sableuses qui les surmontent.

Dans ce cadre, nous proposons, une inspection vidéo pour vérifier la coupe de l'ouvrage et une mesure gamma ray micromoulinet, température et conductivité qui permettrait un recalage de la coupe géologique, la localisation et la quantification des venues d'eau dans la zone crépinée.

VII.3.4.3 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Il est fondamental sur cette unité de réaliser un repérage exhaustif des éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles (dolines, scialets, avens...) sur la retombée orientale du plateau de Saint-Remèze.

Le relevé et le nivellement des réseaux spéléologiques connus est également une étape importante pour les recalculer par rapport aux fractures identifiées sur le plateau.

Plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés pour préciser des relations ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système. Ils seront mis en œuvre à partir de point d'injection fiable et intégreront au moins 5-6 points de restitution. Il est notamment proposé la mise en œuvre d'un essai multi-traçage avec injections au Papet Marcel et à l'aven du Grand Trou et mise en place d'un suivi aux Gouls du Pont et de la Tannerie et sur le réseau Solvay ainsi que sur quelques forages pertinents pré-identifiés en bordure du plateau.

VII.3.4.4 Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du fonctionnement de l'unité karstique

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Il va donc falloir aller sur le terrain pour inventorier les forages et les sources et en sélectionner un certain nombre qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ;
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques, nombreux et rarement déclarés sur la bordure du plateau sur les communes de Bourg-Saint-Andéol, Saint-Marcel et Saint-Martin d'Ardèche.

Il s'agit de réaliser une prospection de terrain minutieuse sur l'ensemble du domaine défini sur la carte présentée sur la Figure 145.

Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude. Ce domaine s'étend du Nord-Est vers le Sud-Ouest sur la bordure orientale du plateau de Saint-Remèze, il a une superficie d'environ 25 km².

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, l'objectif est de visiter environ **150 à 200 ouvrages** présents sur le domaine défini, ceci à raison de 8 à 10 ouvrages par jour soit 1 mois de travail (20 jours) consacrés à cette phase. La durée de celle-ci pourrait éventuellement être divisée par 2 en doublant le personnel et en répartissant le domaine d'étude en deux secteurs distincts.

Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

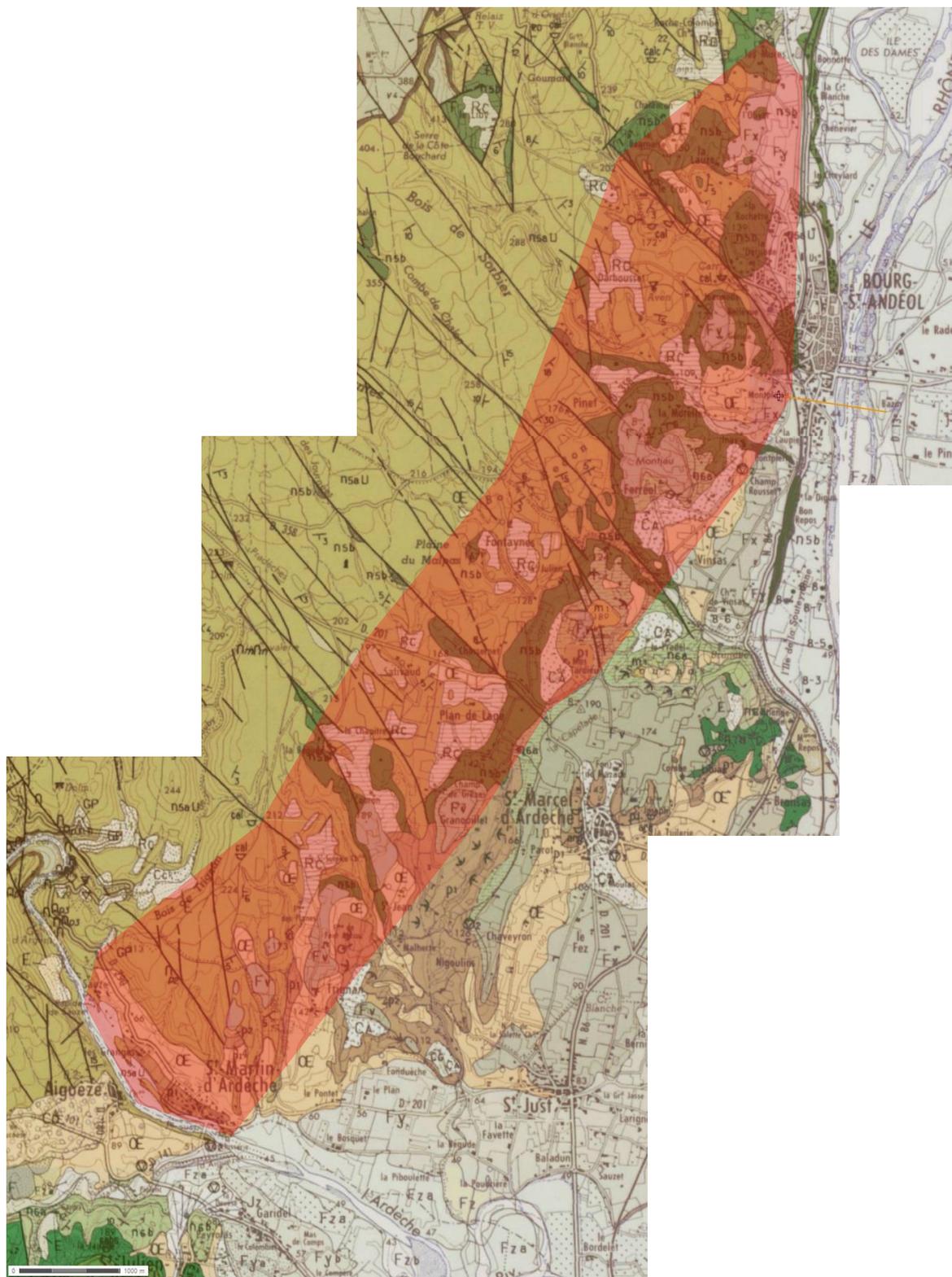


Figure 145 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité karstique « Gras-Laoul »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement de l'unité.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer de 25 ouvrages utilisables pour un suivi quantitatif et **75 à 100 ouvrages** pour réaliser des prélèvements. Ce ne seront donc pas nécessairement les mêmes ouvrages pour les deux types de campagne mais dans les deux cas, ils ne devront pas être sélectionnés au hasard.

L'instrumentation d'une dizaine de forages à l'aide de capteurs de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

La pose d'une quinzaine de reefnets ou d'enregistreurs sur les points d'accès aux plans d'eau et aux exutoires permanents ou temporaires les plus pertinents (Goul de la Tannerie, Goul du Pont, Grotte de la Pascaloune, Saint Marcel (N15bis, N6, Solvay, N17)...), ce qui permettra d'assurer un suivi quantitatif continu sur la même durée. Il faudrait également réinvestir sur l'acquisition des chroniques de débits des fontaines de Tourne et estimer la part en sous écoulement avec passage latéral vers les alluvions du Rhône. **La mise en place d'une ou deux station(s) météorologique(s) sur le plateau de saint-Remèze** permettant d'acquérir un maillage plus dense des précipitations pour ensuite calculer la recharge. Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation en référence à une station météorologique située plus à l'aval dans la vallée du Rhône.

La réalisation de jaugeages simples sur les principaux plans d'eau ou sources couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de l'évolution du niveau d'eau du karst en différents points (25), et ceci pendant au moins 3 cycles hydrologiques. Le couplage des jaugeages simples et des enregistrements de niveau permettrait notamment en période d'étiage de suivre la phase de tarissement et de l'analyser à travers différentes méthodes d'analyses statistiques utilisées pour les hydro-systèmes karstiques telles que l'analyse des débits classés, les courbes de récession ou encore les analyses corrélatoires et spectrales.

VII.3.4.5 Les investigations d'ordre qualitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du fonctionnement de cette unité karstique

A partir de la liste des 75 à 100 ouvrages présélectionnés, des prélèvements pour analyses seront effectués. 2 grandes catégories d'analyses sont prévues :

- les ions majeurs dont les nitrates. Seront étudiées plus particulièrement les teneurs en magnésium ou les couples Mg^{2+}/Na^+ pour avoir une idée de l'âge des eaux ;
- les isotopes : tritium, deutérium et oxygène 18 qui permettront de dater les eaux et de connaître l'altitude du bassin versant.

VII.3.4.6 Coûts des investigations proposées

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Inspection vidéo du forage de l'Ilette, diagraphies GFTC	vérifier la coupe technique, recalage de la coupe géologique, localisation et quantification des venues d'eau	1 jour	Période de moins forte demande en eau	8000	1
Repérage d'éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles	Détermination de la vulnérabilité de la ressource au droit du BV		Toute l'année	21000.00	1
Acquisition des relevés topographiques des réseaux spéléologiques connus - rattachement aux exutoires, forages...	Avoir une vision d'ensemble de l'altimétrie des points d'eau et plans d'eau souterrains	1 mois	Toute l'année	10000	1
Multitraçage Papet marcel et aven du grand Trou	Préciser relations, vitesses d'écoulement	1 mois	Etiage	25000.00	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				64 000,00 €	

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Recensement d'ouvrages (150) – fiches – sélection des points d'eau	évaluer les volumes de sortie de l'unité karstique – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements	35 jours	A l'étiage	16840.00	2
Acquisition, pose/dépose de reefnets et/ou enregistreurs de niveau (15) au droit des plans d'eau et des principaux exutoires permanents ou temporaires	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 semaines	Toute l'année	9750.00	2
Il faudrait aussi réinvestir sur acquisition chroniques de débits fontaines de Tourne et estimation part en sous écoulement avec passage latéral vers les all du Rhône					
Instrumentation 10 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	4 jours	Toute l'année	10000.00	2
Acquisition, installation de 2 stations météorologiques	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1 journée	Toute l'année	2000.00	2
Jaugeages simples aux exutoires ou plan d'eau lorsque c'est possible	Etablir une courbe d'étalonnage des débits	1 journée	4 fois dans l'année	28 800.00/an Soit 86400.00 euros pour 3 cycles hydrologiques	2
Relevé capteurs, reefnets à fréquence mensuelle puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 journées	1 fois/mois		2
Prélèvement et Analyse d'un échantillon d'eau (laboratoire COFRAC) (tritium, O18/O16, ions majeurs), y compris traitement et interprétation des données	Datation des eaux, signature géochimique, altimétrie BV	2 journées	Etiage	10000.00	2
Inspection caméra et diagraphies sur le forage llette	Préciser la part des eaux issue des calcaires	1 journée	Toute l'année	2500.00 (hors dépose/repose de la pompe)	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de la source	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				162 490,00 €	

VII.3.5 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES SUR LA ZONE DE SAUVEGARDE EXPLOITEE « BELIEURE »

VII.3.5.1 Rappels

Sur l'unité Viviers-Saint-Montan, il est proposé la zone de sauvegarde Exploitée « Belieure », du nom du seul captage AEP recensé destiné à l'alimentation en eau potable de la commune de Viviers. L'ouvrage capte les calcaires urgoniens en charge sous 105 m de recouvrement marneux (Gargasien et marnes de la Violette appartenant au Bédoulien inférieur).

La bonne productivité du forage de Belieure (débit d'exploitation possible : 200-230 m³/h) atteste d'importantes circulations souterraines au sein des calcaires urgoniens, mais il s'agit là pour l'instant de l'unique point d'eau d'intérêt du secteur et de l'unique indice d'une réserve non négligeable associée à cette unité karstique.

Le bassin d'alimentation de ce forage sous couverture est mal connu, la seule expérience de traçage réalisée aux iodures de sodium a été effectuée au droit de la perte de la source de Brugeas localisée dans un vallon qui rejoint le ravin de l'Enfer à une distance de 5 km du forage de Belieure. Les résultats ont été négatifs, mais sont sans doute liés à un traceur peu adapté au contexte.

La délimitation de la zone de sauvegarde reste donc peu précise (Figure 146).

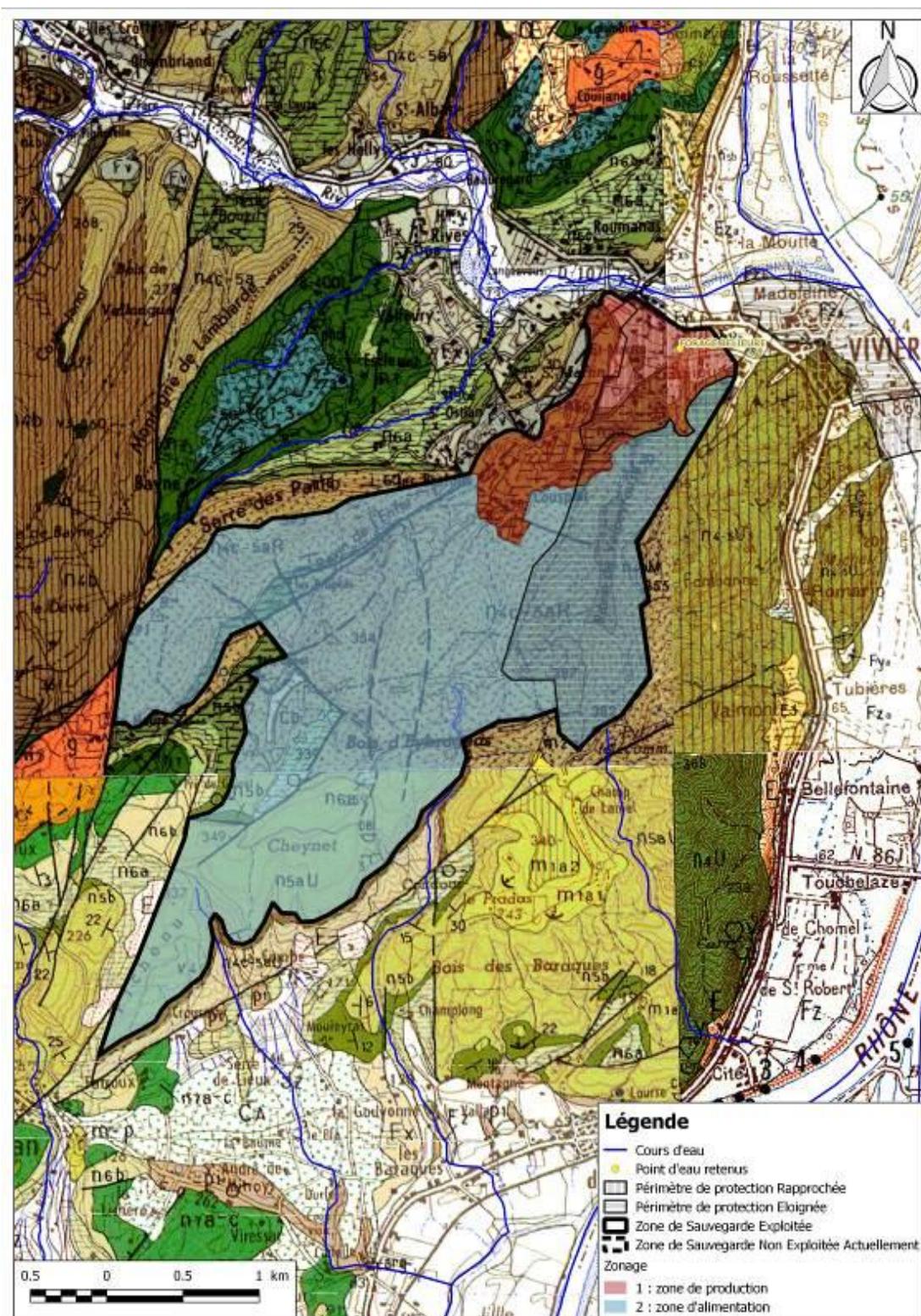


Figure 146 : délimitation de la ZSE "Belieure"

Les nombreuses sources recensées sur la bordure rhodanienne trouvent leur origine au toit d'un niveau argileux (25 m d'épaisseur) intercalé au sein de la masse calcaire et qui pourrait correspondre à la vire marneuse intercalée entre le Barrémien supérieur et le Barrémien terminal. Elles n'ont donc, à priori, pas de lien direct avec les calcaires captés par le forage de Belieure qui est captif, mais font partie globalement de ce système karstique à priori étagé.

Les investigations proposées ont donc pour unique but de préciser la délimitation de la zone de sauvegarde dans le but d'organiser la préservation du forage de Belieure.

VII.3.5.2 Des investigations visant à préciser les limites et la vulnérabilité de la zone de sauvegarde Exploitée :

Nous proposons sur cette zone de réaliser un repérage exhaustif des éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles dans l'objectif d'identifier un ou plusieurs points d'injection fiables qui permettront la mise en œuvre de traçage à la fluorescéine.

Plusieurs traçages pourront alors être mis en œuvre pour délimiter la zone de sauvegarde des relations ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système. Ils seront mis en œuvre à partir de point d'injection fiable et intégreront au moins 5 points de restitution.

A ce stade, un seul traçage peut déjà être proposé au droit d'une perte qu'il faudra identifier sur le ravin de l'Enfer. Les sources de débordement localisées sur la bordure rhodanienne sur la commune de Viviers seront suivies comme le forage de Belieure.

VII.3.5.3 Coûts des investigations proposées

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Repérage d'éléments géomorphologiques et des zones d'infiltration préférentielles	Détermination de la vulnérabilité de la ressource au droit du BV	1 semaine	Toute l'année	6 000,00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de la source	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000,00/traçage	2
TOTAL des Investigations de priorité 2:				31 000,00 €	

VII.3.6 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU SEIN DE LA ZSNEA « TRIAS SUPERIEUR ST-PRIVAT »

VII.3.6.1 Rappels

La ZSNEA « Trias sup. St-Privat » est composé des terrains triaso-liasiques situés en partie septentrionale de notre étude. Cette ZSNEA est issu d'un découpage de l'unité Vesseaux (unité initialement définie géographiquement) en fonction des critères prédéfinis (quantité, qualité, vulnérabilité...). Au sein de l'unité Vesseaux, il existe au Nord, quelques forages agricoles et 1 forage AEP exploité (Aigues Freydes). Au Sud de cette unité, a été défini la ZSNEA Trias Sup. St-Privas au sein de laquelle nous n'avons connaissance que de quelques points d'eau avec des débits assez intéressants (forage de la Valette à 60 m³/h).

La ZSNEA St-Privas est caractérisée par la présence d'une ou plusieurs nappes étagées possibles au sein du domaine triasique très fracturé dans ce secteur. Au niveau structural, les terrains triasiques sont tous inclinés vers l'Est-Sud-Est avec un pendage monoclinale moyen compris entre 15 et 20°. Les terrains triasiques reposent en discordance sur le socle à l'Ouest du système alors qu'à l'Est ceux-ci s'enfoncent sous les terrains Jurassiques (Lias et plus récents). La zone où le Trias affleure majoritairement se situe au Sud du système, en se rapprochant de l'Ardèche.

Etant donné que l'aquifère triasique ardèchois reste peu connu, bien qu'étudié quelquefois localement, nous préconisons plusieurs investigations complémentaires qui pourront s'étendre au-delà de la zone prédéfinie en ZSNEA St-Privat. Ces investigations consisteraient dans :

- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter et d'améliorer la compréhension du ou des aquifères triasiques ;
- Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée.

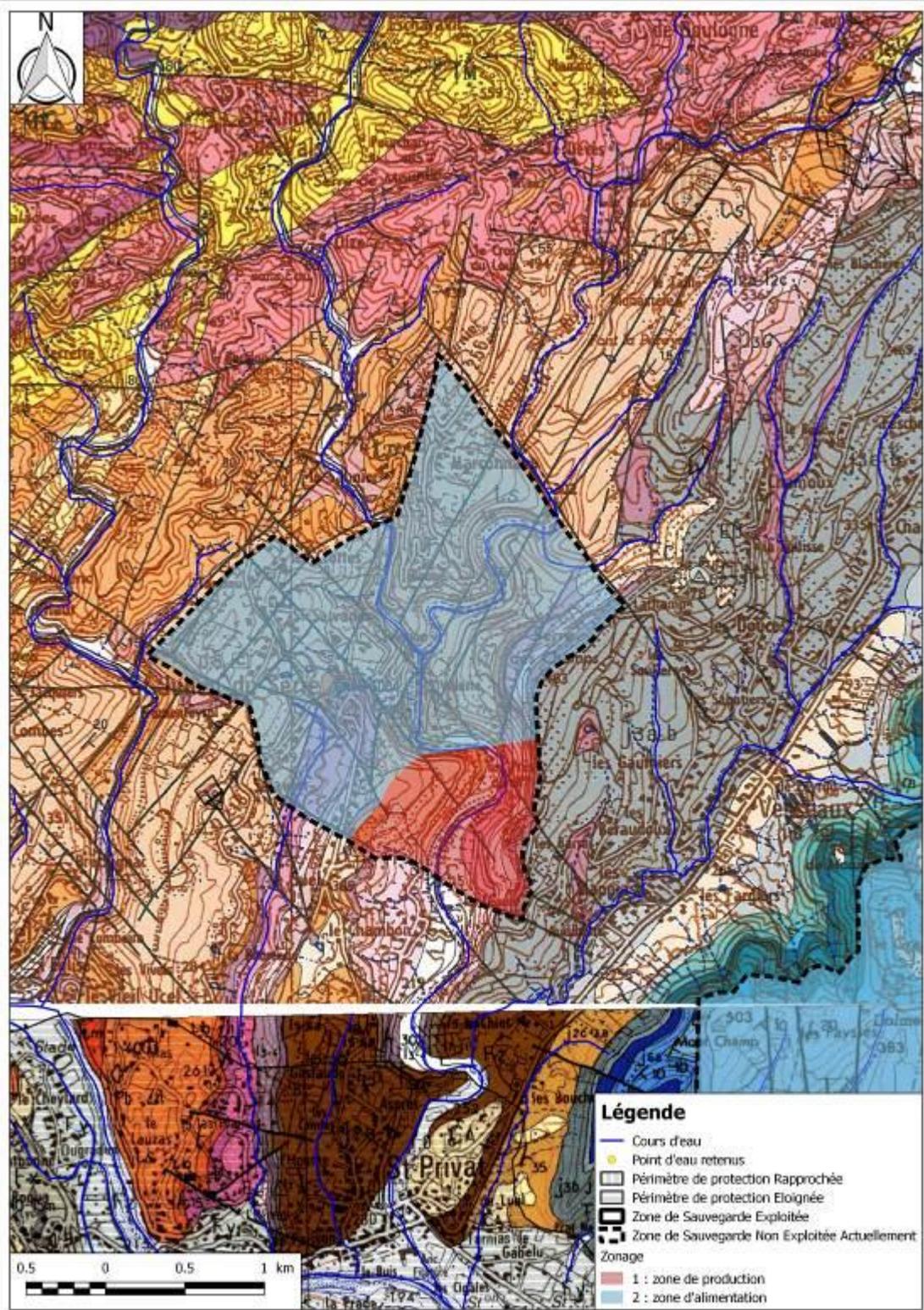


Figure 147 : délimitation de la ZSNEA « trias sup. St-Privat »

VII.3.6.2 Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Une campagne d'inventaire d'ouvrages connus ou non et de sources sera nécessaire. Seront retenus les ouvrages les plus pertinents qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ; proposer des investigations caméra et diagraphies sur ceux pour lesquels on n'aurait pas l'information
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques. Il existe certainement quelques forages non déclarés notamment aux abords du village de St-Julien-du-Serre. Il s'agit de réaliser une prospection de terrain au sein du bassin d'alimentation supposé de l'aquifère triasique. Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude. Le domaine d'inventaire pourra être élargi vers le Nord en incluant le secteur d'Aigues Freyde et les forages agricoles.

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, Nous espérons pouvoir disposer d'au moins **10 à 20 ouvrages** présents sur le domaine défini, ceci à raison de 5 ouvrages par jour soit au maximum 1 semaine de travail consacrés à cette phase.

Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

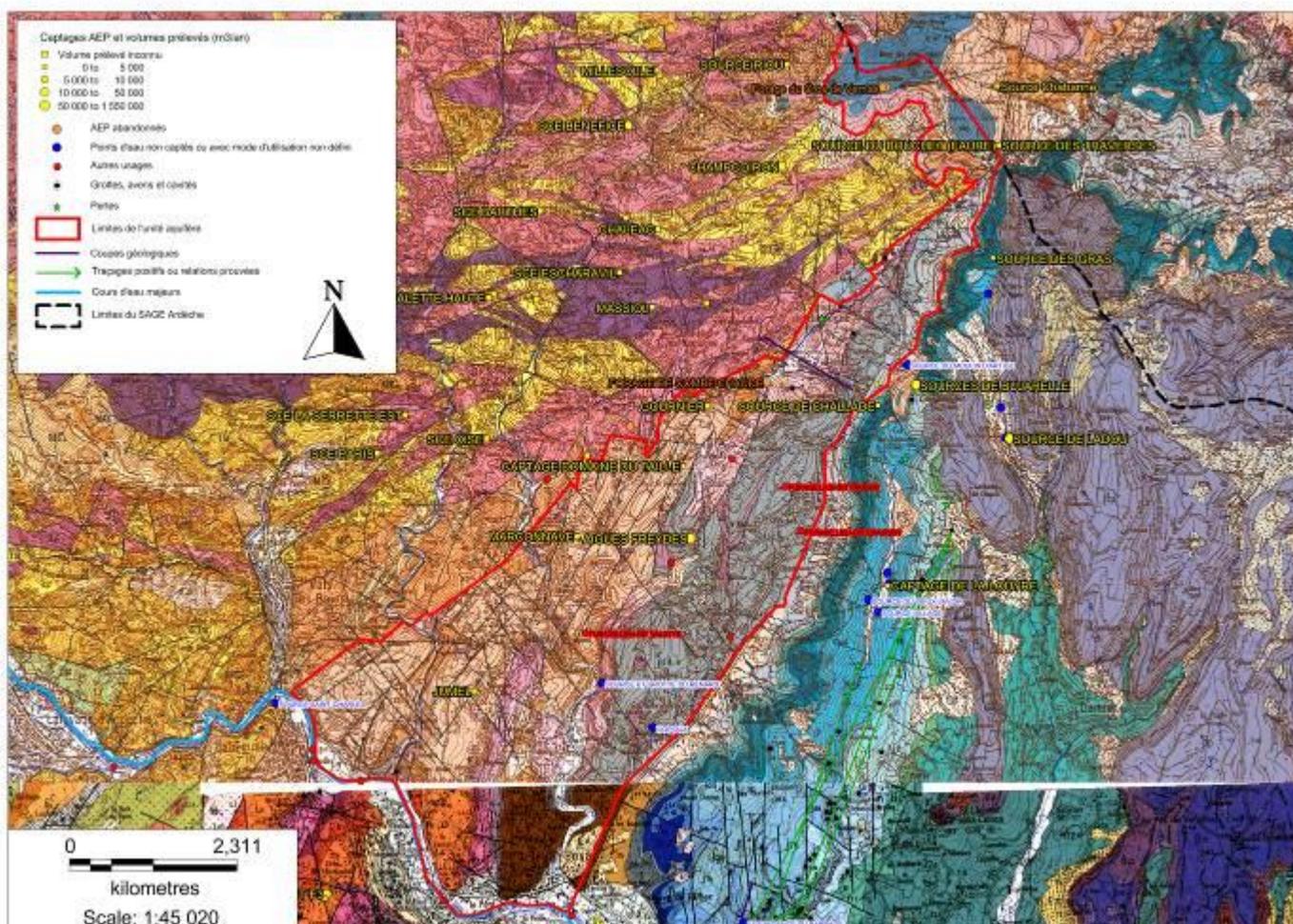


Figure 148 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Vesseaux »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement dans ce secteur.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer d'au minimum 1 à 5 ouvrages utilisables pour un suivi quantitatif et 5 ouvrages pour réaliser des prélèvements.

L'instrumentation d'un à deux forages à l'aide de capteurs de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

Le relevé et le nivellement des ouvrages connus est également une étape importante pour **l'établissement d'une carte piézométrique.**

La mise en place d'une station météorologique à proximité de St-Julien-du-Serre. Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation en référence à une station météorologique située plus à l'aval à Aubenas.

La réalisation de jaugeages sur les principales sources (source et grotte du renard...) couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de débit. La réalisation de **jaugeages sériés sur les cours d'eau principaux (Luol, l'Oize...)** afin de tenter d'identifier une ou plusieurs pertes.

VII.3.6.3 Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée

A partir des ouvrages connus et recensés, des prélèvements pour analyses seront effectuées (ions majeurs dont les nitrates, les sulfates et quelques ions métalliques spécifiques).

Afin d'apprécier le réel potentiel hydrogéologique du secteur, il pourrait être envisagé d'effectuer un **pompage d'essai sur le forage de la Valette** (agricole) : paliers de débit puis pompage longue durée d'environ 48 à 72 heures. La seule donnée connue ce jour sur ce forage est qu'il est exploité à hauteur de 60 m³/h pour l'irrigation agricole. De plus, **une inspection vidéo pourrait être envisagée** sur cet ouvrage afin de connaître plus précisément sa coupe technique.

Afin d'implanter un possible nouvel ouvrage de prélèvement dans la zone de production définie de la ZSNEA St-Privat, nous préconisons plusieurs investigations préalables :

- Analyse photo-interprétative du secteur d'étude ;
- Réalisation d'un ou deux profils géophysique (panneaux électriques) afin de permettre d'affiner la structure souterraine et repérer d'éventuels accidents géologiques dans l'objectif d'implanter un forage de reconnaissance ;
- Réalisation d'un forage de reconnaissance y compris équipement provisoire, logistique de pompage d'essai....

VII.3.6.4 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés selon le résultat des jaugeages sériés afin de préciser les relations nappe-ruisseaux ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.6.5 Coûts des investigations proposées

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Acquisition, installation d'une station météorologique	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1/2 journée	Toute l'année	2000.00	1
Jaugeages simples aux exutoires et jaugeages séries sur les cours d'eau	Etablir une courbe d'étalonnage des débits – identification de pertes	2-3 journées	4 fois dans l'année (pour les mesures aux exutoires)	8500.00	1
Relevé capteurs à fréquence mensuelle puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 journées	1 fois/mois	25000.00 pour 3 cycles hydrologiques	1
Recensement d'ouvrages (10/20) – fiches – sélection des points d'eau ; nivellement des ouvrages recensés et des sources et carte piézométrique	évaluer le potentiel hydrogéologique de nappe des grès triasique – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements – carte piézométrique	1 à 2 semaines	A l'étiage	10000.00	1
Pompage d'essai 72h sur le forage de la Valette avec pompe d'exploitation en place ; inspection vidéo du forage	Connaître le potentiel hydrogéologique de l'aquifère triasique et disposer d'une coupe technique	1 semaine	Eti age	8500.00 (hors dépose/repose de la pompe)	1
Analyse photo-interprétative 2 profils géophysiques de 630m	Préciser l'implantation des forages de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
1 ou 2 forages de reconnaissance de 150 à 200m de profondeur, développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Reconnaissance géologique, confirmation du potentiel	1 mois	Un peu avant l'étiage	2 x 33000.00	1
Pompage d'essai 1 mois, analyse d'eau et interprétation	Tester le nouvel ouvrage et connaître ses capacités d'exploitation	1 mois	A l'étiage	20000	1
Instrumentation 1 ou 2 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Toute l'année	6000.00 (hors dépose/pose d'une installation)	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				161 000,00 €	

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Déla i	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Prélèvement et analyse d'échantillon (5) d'eau (laboratoire COFRAC) (ions majeurs), y compris traitement et interprétation des données	Signature géochimique	1 journée	Etiage	3000.00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de l'aquifère	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				28 000,00 €	

VII.3.7 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU SEIN DE LA ZSE « VISTES »

VII.3.7.1 Rappels

Cette ZSE a été définie du fait de la présence des forages des Vistes situés sur la commune de Saint-Etienne-de-Fonbellon et exploités par le SIAE St-Etienne/St-Sernin.

Au sein de la ZSE « Vistes », on retrouve, d'un point de vue géologique, les trois étages du Trias mais également, à quelques endroits, le socle cristallin représenté par les granites à biotite. Ces derniers affleurent par un réseau de failles complexes. Les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage moyen de 20° vers le Sud-Est. A l'Est, le Jurassique inférieur (Lias) est représenté par les couches de calcaires du Sinémurien et de l'Hettangien.

En ce qui concerne l'hydrogéologie, les différents jeux de failles permettent une bonne circulation des eaux au sein des terrains triasiques et liasiques. Attention tout de même, les eaux du Trias inférieur sont bien connues en Ardèche pour être chargées en éléments indésirables : sulfates, magnésium et fer.

Les ressources en eau souterraines les plus importantes dans ce secteur sont accessibles par forage. L'aquifère productif reste localisé au sein du Trias et notamment lorsqu'il est sous couverture. Les zones faillées et fracturées augmentent les chances de recouper des venues plus importantes.

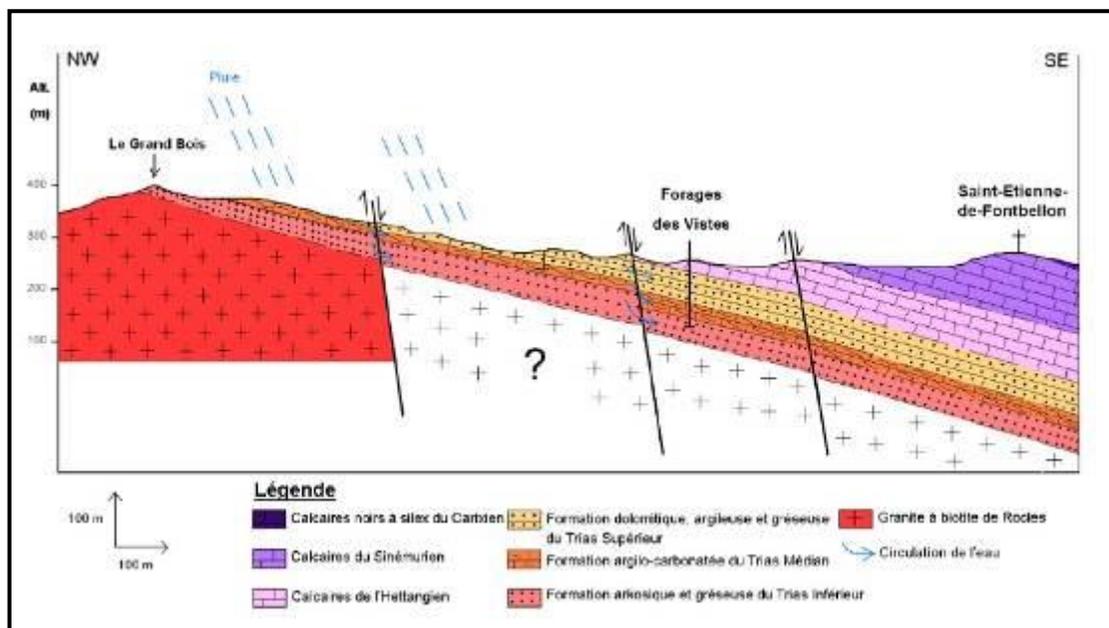


Figure 149 : coupe géologique (B-A') du secteur des forages des Vistes à Saint-Etienne-de Fontbellon (BRGM, 2013[50])

A noter tout de même qu'il existe un certain nombre de sources disposant de débits importants (sources de Rodes à Ailhon et à Mercuer, source du Crouzet à Ailhon, source de Martinesche à Saint-Etienne-de-Fontbellon...). Les débits d'étiages sont compris entre 1 m³/h et 20 m³/h. Ces sources émergent pour la plupart au sein du Trias moyen qui a été entaillé par les ruisseaux du secteur (ruisseau de Valcroze, l'Auzon...). Le Trias moyen est le siège d'une pseudo-karstification importante au sein des calcaires dolomitiques médians. Il faut noter que ces réseaux pseudo-karstiques peuvent être plus ou moins développés. Une attention particulière doit donc être portée aux circulations superficielles notamment sur les relations entre les ruisseaux et les ressources souterraines (ex : La source de Martinesche, alimentée en partie par les pertes du ruisseau de Valcroze).

La recharge du Trias se fait par les précipitations dans les zones où il affleure. Le rôle des grandes failles tectoniques dans l'alimentation du Trias est fort probable. Certaines de ces failles mettent en contact les formations du Trias et du Lias et jouent donc un rôle dans la recharge de l'aquifère. Par ailleurs, les formations du Trias sous couverture du Lias peuvent être alimentées par ce dernier qui n'est à priori pas imperméable.

Par endroit, l'exutoire des eaux traversant le Trias supérieur se trouve au contact avec le niveau argileux du Trias moyen, c'est notamment le cas pour la source du Crouzet à Ailhon.

De plus, les terrains présents sur cette ZSE ont été affectés par de nombreuses failles plurikilométriques d'orientations Nord-Sud et Est-Ouest, ce qui permet un drainage souterrain important. Il faut également noter la remontée du socle cristallin au sein de la masse triasique, dans la vallée de l'Auzon. Cette remontée cristalline joue également un rôle d'écran, moins perméable, ce qui peut également expliquer la présence de grosses sources en amont de cette barrière naturelle notamment pour les sources situées au niveau de l'ancien Abbaye du Crouzet à Ailhon.

La ZSE Vistes a été définie au sein de l'unité plus générale appelée « Ailhon ». Au sein de cette unité, comme vu plus haut, il existe déjà un certain nombre d'ouvrages connus (forages, du Jugues, forages de Perbosts...) et de sources d'importances. La présence de ces ouvrages permet de disposer d'une assez bonne connaissance qualitative, quantitative et des paramètres hydrodynamiques du/des aquifères triasiques rencontrés. Il n'y a pas d'exutoire principal connu pour cette ZSE.

Dans le secteur des Vistes, les forages éponymes exploitent également l'aquifère triasique sous couverture liasique. L'aquifère dispose d'une bonne productivité et d'une qualité satisfaisant pour permettre l'exploitation de 2 des 3 forages réalisés pour l'AEP. Voici les données connues sur les forages des Vistes : **Le forage F1 (131 m de profondeur) et F3 (120 m) sont tous deux actuellement exploités à hauteur de 46 et 52 m³/h.** Le forage F2 a été abandonné suite à un problème d'équipement dans le forage.

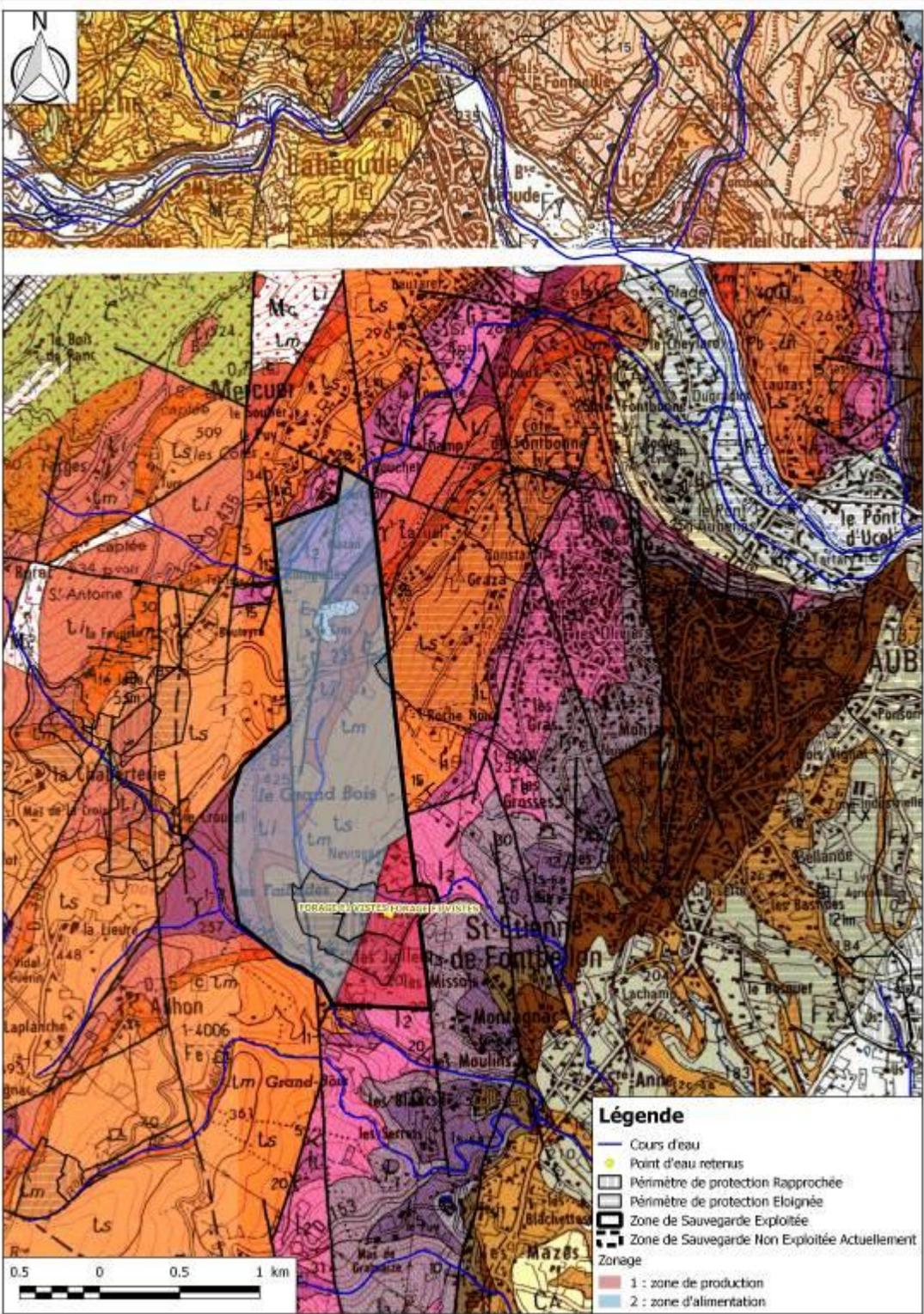


Figure 150 : délimitation de la ZSE « Vistes »

Nous disposons d'une bonne connaissance sur chacun des forages des Vistes indépendamment (coupes, essai de pompage...). Cependant il reste un manque de connaissance sur le bassin d'alimentation, les caractéristiques analytiques de chacune des eaux et sur la possibilité d'exploiter ces deux forages en même temps. Quelques investigations seraient ainsi nécessaires pour cette ZSE, elles consisteraient dans :

- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter le bassin d'alimentation et d'améliorer la compréhension du ou des aquifères triasiques ;

VII.3.7.2 Les investigations d'ordre pour la délimitation du bassin d'alimentation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Une campagne d'inventaire d'ouvrages connus ou non et de sources sera nécessaire. Seront retenus les ouvrages les plus pertinents qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ;
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques. **Il existe certainement quelques forages non déclarés notamment aux abords à proximité des Vistes/Les Juillets mais également sur toute la bande triasique en remontant vers le Nord (jusqu'aux forages Perbosts compris).** Il s'agit de réaliser une prospection de terrain au sein du bassin d'alimentation supposé de l'aquifère triasique. Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude.

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, Nous espérons pouvoir disposer d'au moins **10 ouvrages** présents sur le domaine défini. Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

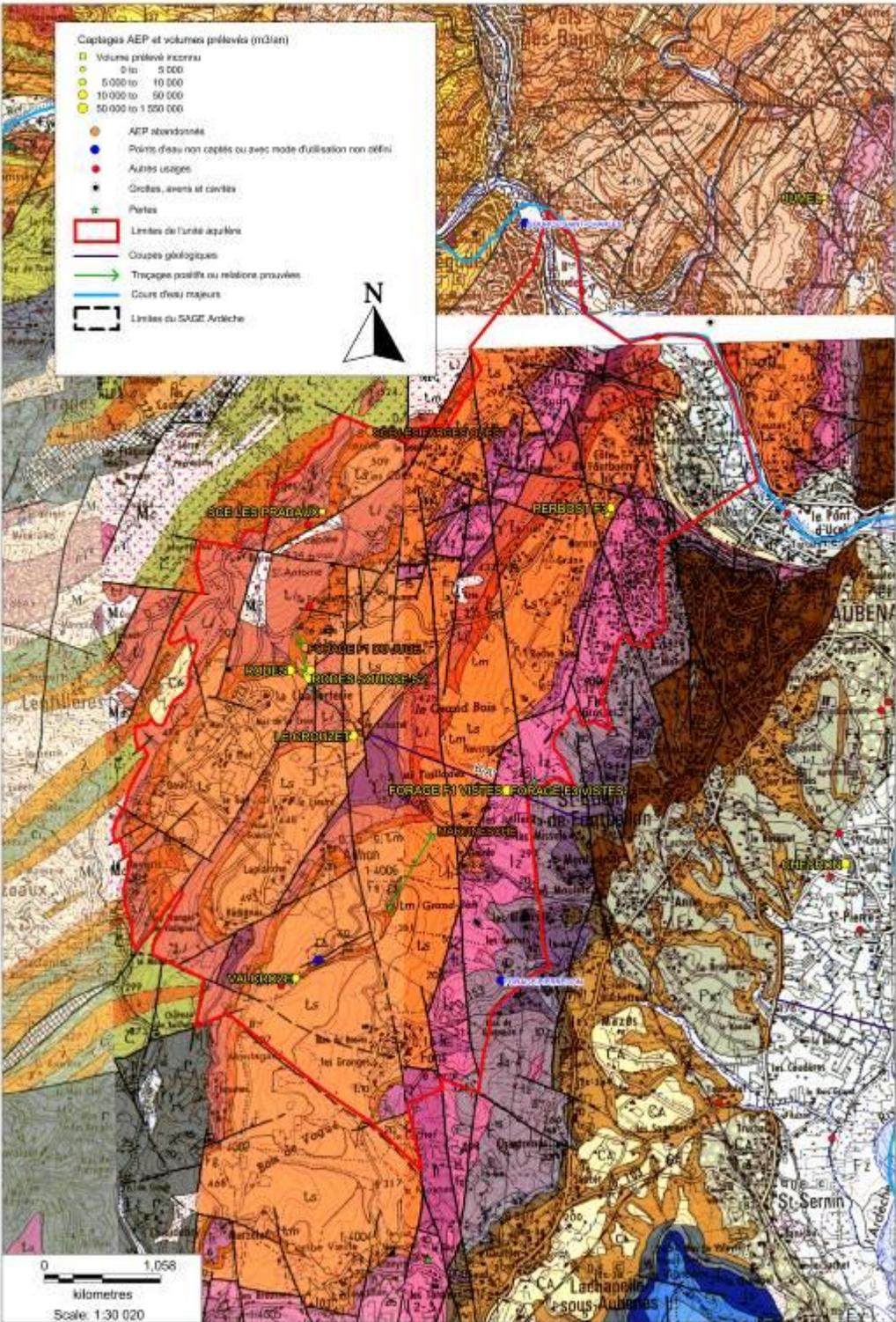


Figure 151 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Ailhon »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement dans ce secteur.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer d'au minimum 1 à 5 ouvrages utilisables pour un suivi quantitatif et **5 ouvrages** pour réaliser des prélèvements.

L'instrumentation de deux à quatre forages à l'aide de capteurs de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

Le relevé et le nivellement des ouvrages connus est également une étape importante pour **l'établissement d'une carte piézométrique.**

La mise en place d'une station météorologique à proximité sur la partie haute du bassin (ex : route de mercuer). Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation en référence à une station météorologique à Aubenas.

La réalisation de jaugeages sur les principales sources couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de débit. La réalisation de **jaugeages sériés sur les cours d'eau principaux (Auzon, ru Névisac...)** afin de tenter d'identifier une ou plusieurs pertes.

Afin d'améliorer la connaissance au niveau des forages des Vistes nous préconisons la **réalisation d'un pompage d'essai dans les règles de l'art** (paliers de débit pour déterminer la courbe caractéristiques des forages, pompage longue durée à 96 heures ou plus) **en simultanément dans les forages F1 et F3.** L'objectif étant de connaître si ces deux ouvrages assez proches peuvent fonctionner ensemble.

Il pourrait également être entrevue la possibilité de **réhabiliter le forage F2** dont le tubage a été endommagé suite à une maintenance de la pompe immergée. Pour cela une inspection préalable est nécessaire avant d'engager plus d'investigation.

VII.3.7.3 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Au cours du pompage, plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés selon le résultat des jaugeages sériés afin de préciser les relations nappe-ruisseaux ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.7.4 Coûts des investigations proposées

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Pompage d'essai 96h sur les forages des Vistes avec pompe d'exploitation en place	Connaître le potentiel hydrogéologique de l'aquifère et surtout du champ captant des Vistes	2 semaines	Etiage	15000.00 (hors dépose/repose de la pompe)	1
Recensement d'ouvrages (10) – fiches – sélection des points d'eau ; nivellement des ouvrages recensés et des sources et carte piézométrique	évaluer le potentiel hydrogéologique de nappe des grès triasiques – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements – carte piézométrique	1 à 2 semaine	All'été	10000.00	1
Instrumentation 2 à 4 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Tout l'année	15000.00 (hors dépose/pose d'une installation)	1
Projet de réhabilitation du forage F2 : inspection caméra préalable		1/2 journée	Tout l'année	1800.00 (hors pose/dépose pompe)	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				41 800,00 €	
Acquisition, installation d'une station météorologique	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1/2 journée	Tout l'année	2000.00	2
Jaugeages simples aux exutoires et jaugeages sérié sur les cours d'eau	Etablir une courbe d'étalonnage des débits – identification de pertes	2-3 journées	All'été	9000.00	2
Relevé capteurs à fréquence mensuelle puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 journées	1 fois/mois	25000.00 pour 3 cycles hydrologiques	2
Prélèvement et Analyse d'échantillon d'eau (5) (laboratoire COFRAQ) (hors majeurs), y compris traitement et interprétation des données	Signature géochimique	1 journée	Etiage	3000.00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de l'aquifère	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				64 000,00 €	

VII.3.8 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU SEIN DE LA ZSNEA « TRIAS SUPERIEUR ROSIERES »

VII.3.8.1 Rappels

D'un point de vue géologique au niveau de la ZSNEA Rosières, le Trias supérieur affleure sur une vaste surface du système. On note toutefois que les étages du Trias inférieur et moyen affleurent principalement dans la partie nord de cette zone mais aussi à la faveur de certains cours d'eau qui ont entaillé le massif gréseux (ruisseau du Roubreau, de Blajoux et de Rochepierre). Les formations triasiques forment une structure monoclinale de pendage 10° vers le Sud-Est

Enfin, au Sud-Est, on note la présence du Jurassique inférieur (Lias) représenté par le Sinémurien et le Pliensbachien au niveau de la commune de Laurac. Le contact entre le Trias et le Jurassique est établi par une faille de direction Sud-Sud-Ouest – Nord-Nord Est (faille de Malet).

Hydrogéologiquement, cette zone est marquée par :

- des aquifères isolés au niveau des buttes au Nord de cette unité (**l'érosion a dégagé le fond des vallées laissant ainsi le Trias inférieur et le socle à l'affleurement**) donnant naissance à beaucoup d'émergences ;
- un grand nombre de cavités situées au sein du Trias moyen qui font partie d'un **vaste réseau pseudo-karstique souterrain dont l'exutoire principal reste la source du Moulin de Chamandre à Vernon. Les sources d'importance émergent à la faveur du Trias moyen** (Labastide, Fereyre, Fayet, Chamandre...). **Les affleurements dolomitiques de ce sous étage favorisent également l'alimentation en eau souterraine** de cet aquifère car il absorbe une quantité d'eau non négligeable grâce aux **pertes des ruisseaux en partie Nord du système** (trou du Dède, perte fossile de Pezenas, perte de Husset, perte de Rochepierre, perte de l'Abéouradou...);
- **une vaste surface du Trias supérieur à l'affleurement permet l'alimentation d'une nappe dans les grès supérieurs**, soutenue par les marnes composant le toit du Trias moyen. Les sources y sont moins nombreuses mais **beaucoup de forages exploitent cet aquifère.**

On peut donc aussi citer les précipitations sur l'ensemble des affleurements triasiques pour la recharge de l'aquifère. Une partie non négligeable d'eau superficielle permet également la recharge naturelle du système mais surtout pour ce qui est du Trias moyen soumis à une importante pseudo-karstification. Les exutoires connus correspondent majoritairement à des sources d'importance dans le Trias moyen et à une multitude de petites sources au sein du Trias supérieur.

Il faut également noter qu'il s'agit du secteur triasique le mieux connu des spéléologues et le plus karstifié. Tous les réseaux spéléologiques se développent dans le Trias moyen exclusivement, avec un profil horizontal (qui suit le pendage) sans verticales. L'alimentation des ruisseaux souterrains

s'effectuent le plus souvent par des pertes des ruisseaux aériens qui recoupent la bande de Trias moyen (Pezenas, Blajoux, Rochepierre). L'ensemble des réseaux spéléologiques connus sur ce secteur représente environ 15Km de linéaire.

Au niveau de la ZSNEA Rosières, il existe de nombreux ouvrages agricoles et privés non connus précisément si ce n'est leurs simples existences. De même il existe beaucoup d'ouvrage sur l'ensemble du plateau de Balbiac. Ainsi, nous préconisons plusieurs investigations complémentaires qui pourront s'étendre au-delà de la zone prédéfinie en ZSNEA Rosières. Ces investigations consisteraient dans :

- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter et d'améliorer la compréhension du ou des aquifères triasiques ;
- Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée.

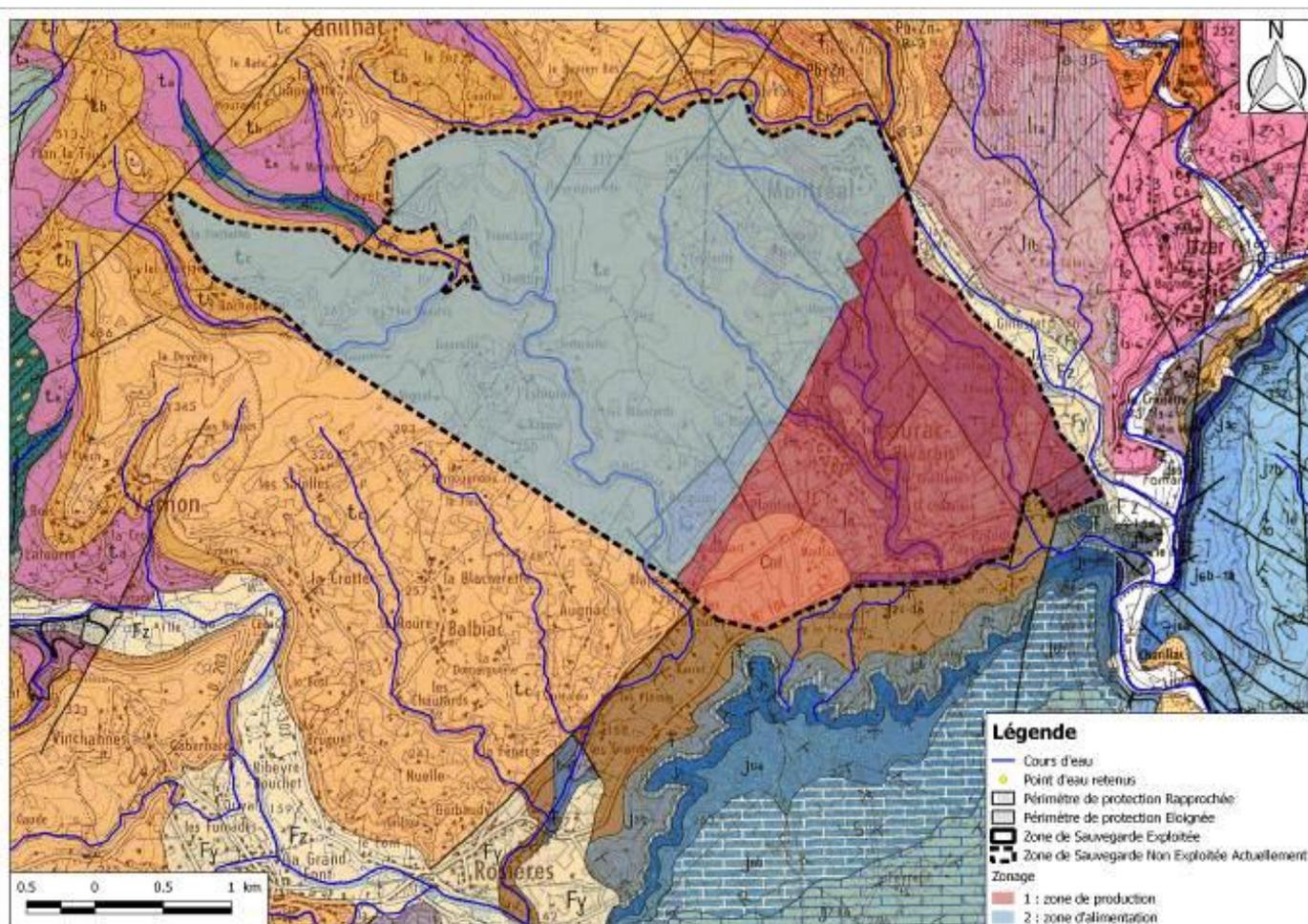


Figure 152 : délimitation de la ZSNEA « trias sup. Rosières »

VII.3.8.2 Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Une campagne d'inventaire d'ouvrages connus ou non sera nécessaire. Seront retenus les ouvrages les plus pertinents qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ; sinon, caméras ,diagraphies (gamma ray et corrélation entre ouvrage pour la géologie, tests de pompage).
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques. Il existe certainement quelques forages non déclarés notamment sur l'ensemble du plateau de Balbiac, aux alentours du village de Laurac et de Montréal. Il s'agit de réaliser une prospection de terrain au sein du bassin d'alimentation supposé de l'aquifère triasique. Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude.

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, Nous espérons pouvoir disposer d'au moins **15 à 20 ouvrages** présents sur le domaine défini, ceci à raison de 5 ouvrages par jour soit au maximum 4-5 jours de travail consacrés à cette phase.

Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

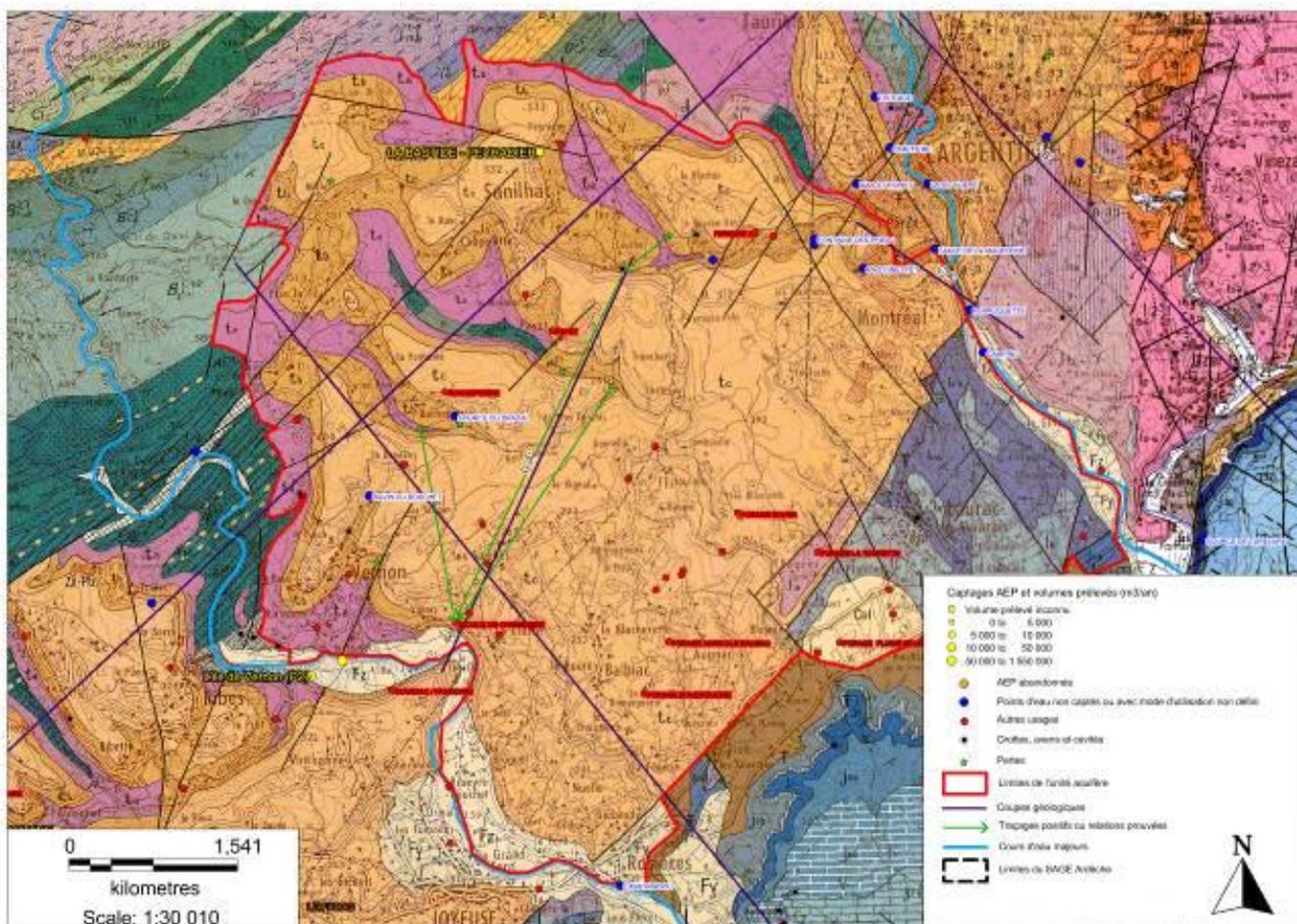


Figure 153 : domaine de recensement des points d'eau sur l'unité triasique « Rosières »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement dans ce secteur.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer d'au minimum **1 à 5 ouvrages utilisables** pour un suivi quantitatif et **5 à 10 ouvrages** pour réaliser des prélèvements.

L'instrumentation d'un à deux forages à l'aide de capteurs de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

Le relevé et le nivellement des ouvrages connus est également une étape importante pour **l'établissement d'une carte piézométrique**. Cette carte piézométrique s'étendra sur l'ensemble du massif triasique du plateau de balbiac, en remontant vers le Nord-Nord-Est.

Nous pouvons nous aider de la station pluviométrique installée à Rosières (code station V5035020 pour préciser les précipitations efficaces).

La réalisation de jaugeages sur les principales sources couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de débit. La réalisation de **jaugeages sériés sur les cours d'eau principaux (Blajoux, ru de Toufache...)** afin de tenter d'identifier une ou plusieurs pertes.

Il serait intéressant d'effectuer un pompage d'essai sur au moins un des forages agricole présents sur le plateau (forage ASA Balbiac Sabatier, forage la Tourette...) afin de connaître quelques caractéristiques plus précises de ces ouvrages (paramètres hydrodynamiques, qualité, productivité...). Il sera également impératif de rechercher les coupes de forages afin de disposer de plus de précision sur l'aquifère productif.

VII.3.8.3 Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée

A partir des ouvrages connus et recensés, des prélèvements pour analyses seront effectuées (ions majeurs dont les nitrates, les sulfates et quelques ions métalliques spécifiques).

Afin d'implanter un possible nouvel ouvrage de prélèvement dans la zone de production définie de la ZSNEA Trias sup Rosières, nous préconisons plusieurs investigations préalables :

- Analyse photo-interprétative du secteur d'étude ;
- Réalisation d'un ou deux profils géophysique (panneaux électriques) afin de permettre d'affiner la structure souterraine et repérer d'éventuels accidents géologiques dans l'objectif d'implanter un forage de reconnaissance ;
- Réalisation d'un forage de reconnaissance y compris équipement provisoire, logistique de pompage d'essai....

VII.3.8.4 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés selon le résultat des jaugeages sériés afin de préciser les relations nappe-ruisseaux ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.8.5 Coûts des investigations proposées

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Recensement d'ouvrages (15/20) – fiches – sélection des points d'eau ; nivellement des ouvrages recensés et des sources et carte piézométrique	évaluer le potentiel hydrogéologique de nappe des grès triasique – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements – carte piézométrique	1 semaine	Toute l'année (carte piézo a faire de préférence à l'étiage)	8250.00	1
Instrumentation 1 ou 2 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Toute l'année	6000.00 (hors dépose/pose d'une installation)	1
Jaugeages simples aux exutoires et jaugeages sériés sur les cours d'eau	Etablir une courbe d'étalonnage des débits – identification de pertes	1 journée	4 fois dans l'année (pour les jaugeages aux exutoires)	8500.00	1
Relevé capteurs à fréquence mensuelle puis traitement des données – récupération des données pluviométrique	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 journées	1 fois/mois	25000.00 pour 3 cycles hydrologiques	1
Pompage d'essai 72h sur un forage agricole forage a vec pompe d'exploitation en place ; inspection vidéo du forage	Connaître le potentiel hydrogéologique de l'aquifère triasique et disposer d'une coupe technique	1 semaine	Etiage	10000.00 (hors dépose/repose de la pompe)	1
Analyse photo-interprétative 2 profils géophysiques de 630m	Préciser l'implantation des forages de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
1 ou forages de reconnaissance de 150 à 200m de profondeur, développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Reconnaissance géologique, confirmation du potentiel	1 mois	Un peu avant l'étiage	2 x 33000.00	1
Pompage d'essai 1 mois, analyse d'eau et interprétation	Tester le nouvel ouvrage et connaître ses capacités d'exploitation	1 mois	A l'étiage	20000	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				158 750,00 €	

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Prélèvement (15) et Analyse d'un échantillon d'eau (laboratoire COFRAC), y compris traitement et interprétation des données	Signature géochimique	1 journée	Etiage	5500.00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de l'aquifère	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				30 500,00 €	

VII.3.9 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU SEIN DE LA ZSE « PAUZETTE »

VII.3.9.1 Rappels

Cette ZSE a été définie du fait de la présence du forage de la Pazuzette situé sur la commune de Lablachère et exploités par cette même commune.

Au sein de la ZSE « Pazuzette », l'aquifère le plus important reste celui du Trias supérieur étant donné qu'il constitue une très grande majorité des terrains affleurants. En partie Nord et Nord-Ouest de l'unité, les ruisseaux ont entaillé le massif gréseux pour mettre à nu les formations triasiques sous-jacentes voire même les schistes de la série de Joyeuse.

Au niveau géologique, cette ZSE est entièrement constituée des terrains du Trias.

Sur la bordure Nord et Ouest, on peut trouver à l'affleurement les trois étages du Trias qui forment des buttes peu étendues posées sur les roches cristallines et métamorphiques du socle. Ces buttes forment des entités aquifères indépendantes (ex : butte triasique au Sud de St-André-Lachamp ou au niveau de Ribes).

Dans la partie Sud de la ZSE, on retrouve un relief de type « plateau » où seul le Trias supérieur est à l'affleurement, jusqu'à la faille de Païolive. Le pendage général est le plus souvent de 10 à 15° vers le Sud-Est.

L'aire d'alimentation de la ZSE est ici représentée par l'ensemble de la surface d'affleurement des grès du Trias supérieur (poreux). Malgré la mise à nu du Trias moyen en partie Nord, **on ne dénombre pas de pertes majeures au niveau des ruisseaux**. En effet, les calcaires dolomitiques du Trias moyen sont bien connus pour être le siège d'une pseudo-karstification importante, favorisant, comme c'est le cas pour l'unité Rosières, l'enfoncement souterrain de quelques cours d'eau. Le seul réseau pseudo-karstique connu dans cette zone, est celui de la grotte et source du Fadas à Joyeuse dont le développement est de 131 m.

Au niveau des reliefs de plateaux, il y a peu de sources mais on peut accéder aux ressources importantes du Trias supérieur par forage, comme par exemple dans le secteur de Salymes à Lablachère où il existe une dizaine de forages agricoles profonds de 100 à 140 mètres ou encore pour les forages de la Pazuzette et Mézard (exploités et anciennement exploités) destinés à l'AEP de la commune de Lablachère

Il n'y a pas d'exutoire identifié pour cette ZSE.

Voici les données disponibles sur le potentiel quantitatif des quelques points d'eau importants :

- **Forage de la Pazuzette** (139 m de profondeur ; Trias Sup) : débit critique > 54 m³/h ; **débit exploitable maxi recommandé 50 m³/h** ; débit d'exploitation actuelle (2016) de 30 m³/h.
- **Forage Mézard** (114 m ; Trias Sup) : débit exploitable défini pour 12 m³/h.

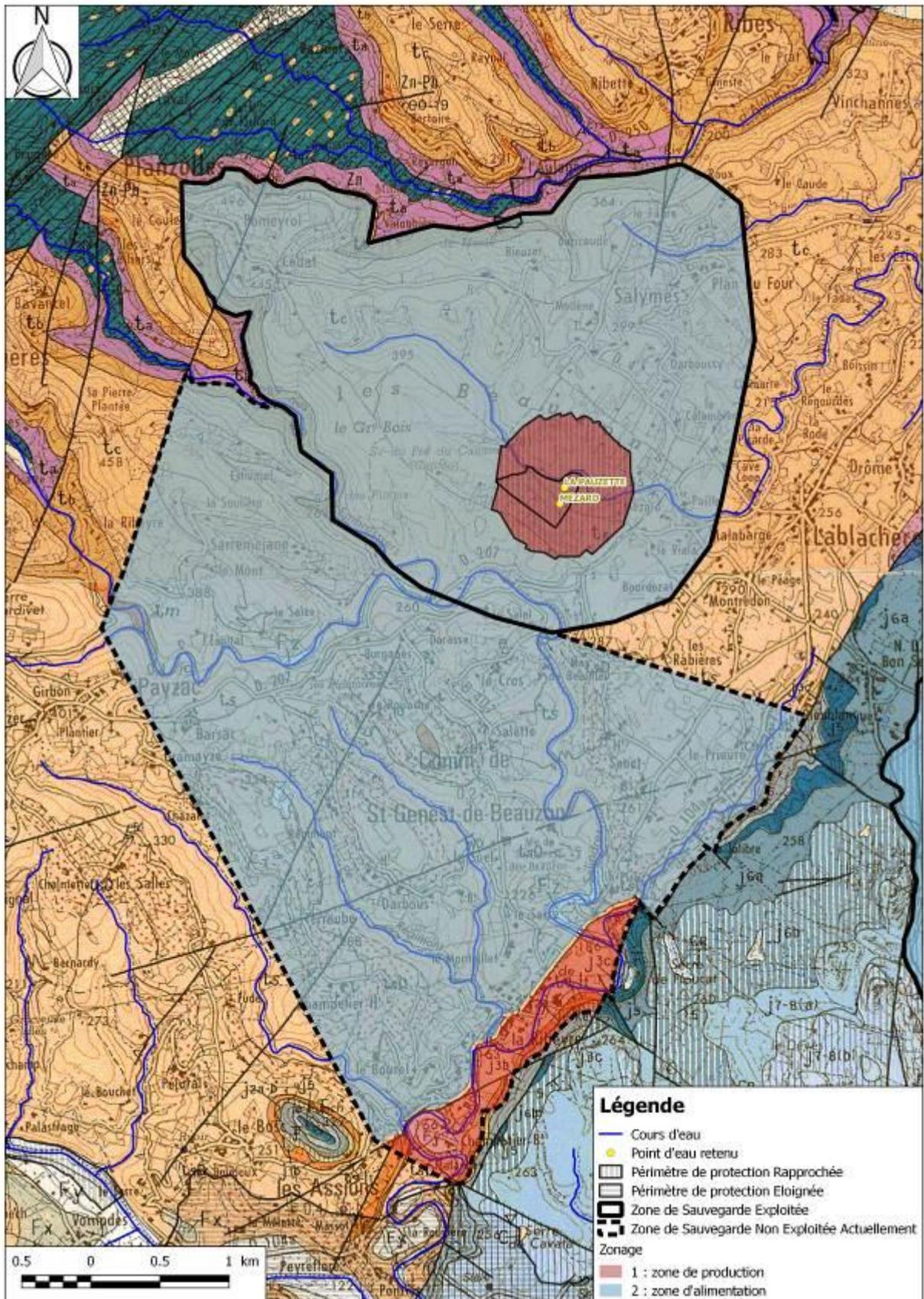


Figure 154 : délimitation de la ZSE « Pauzette » et de la ZSNEA « Trias Supérieur Méridional »

- Il existe de nombreux forages privés et agricoles sur les grès du Trias supérieur que ce soit à proximité du village de Lablachère, de Joyeuse ou plus au Sud du côté des Vans. **Ces forages disposent pour la plupart d'une profondeur proche de 100 mètres avec des débits compris entre 10 et 20 m³/h.** Malgré nos connaissances du terrain et les enquêtes menées dans le cadre de cette étude, il est certain qu'il existe encore un bon nombre de forages (essentiellement privés) qui ne sont pas ici répertoriés.

Nous disposons d'une bonne connaissance des deux forages Puzette et Mézard (coupes, essai de pompage...). Cependant il reste un manque de connaissance sur le bassin d'alimentation, les caractéristiques analytiques de chacune des eaux et sur la possibilité d'exploiter d'autre forage dans ce même secteur où la protection des eaux est déjà effective (périmètres de protection...).

Quelques investigations seraient ainsi nécessaires pour cette ZSE, elles consisteraient dans :

- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter le bassin d'alimentation et d'améliorer la compréhension du ou des aquifères triasiques ;
- Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée

VII.3.9.2 Les investigations d'ordre pour la délimitation du bassin d'alimentation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Une campagne d'inventaire d'ouvrages connus ou non et de sources sera nécessaire. Seront retenus les ouvrages les plus pertinents qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ; caméras, diagraphies géologique et hydrogéologique pour compléter
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques. **Il existe certainement quelques forages non déclarés notamment au niveau du hameau de Salymes et Bieuzet jusqu'au sein du village de Lablachère** Il s'agit de réaliser une prospection de terrain au sein du bassin d'alimentation supposé de l'aquifère triasique. Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude.

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, Nous espérons pouvoir disposer d'au moins **10 ouvrages** présents sur un secteur élargi par rapport à la ZSE et s'étendant jusqu'à Joyeuse (moitié nord de l'unité triasique « Lablachère ». Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

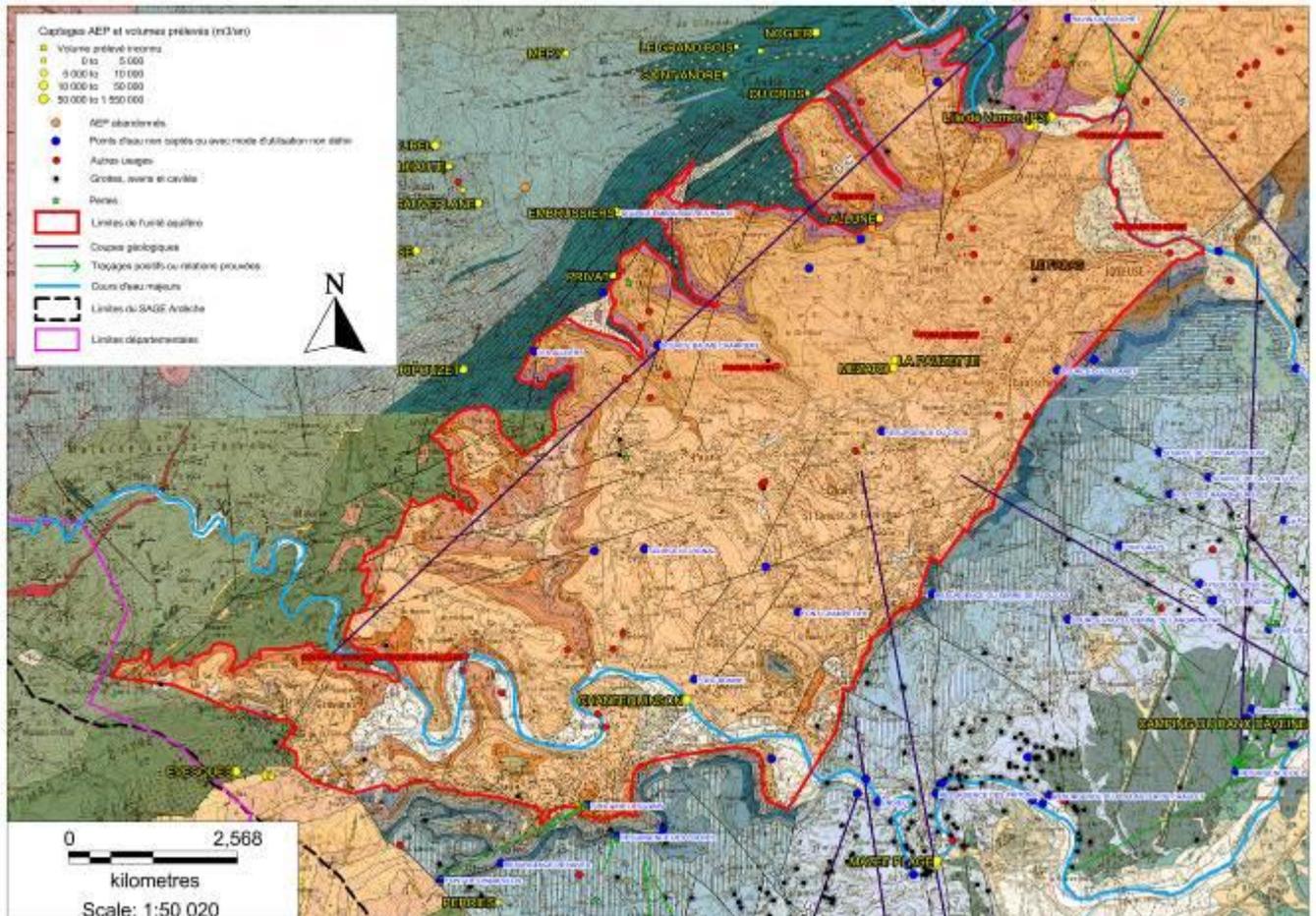


Figure 155 : domaine de recensement des points d'eau sur la moitié nord de l'unité triasique « Lablachère »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement dans ce secteur.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer d'au minimum 1 à 5 ouvrages utilisables pour un suivi quantitatif et 5 ouvrages pour réaliser des prélèvements.

L'instrumentation de deux à quatre forages à l'aide de capteurs de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

Le relevé et le nivellement des ouvrages connus est également une étape importante pour l'établissement d'une carte piézométrique.

La mise en place d'une station météorologique à proximité sur la partie haute du bassin (ex : D4 menant à Planzolles). Cette station sera équipée d'un pluviomètre et d'un thermomètre enregistreurs et permettra de préciser les précipitations efficaces sur la zone d'alimentation.

La réalisation de jaugeages sur les principales sources couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de débit. La réalisation de **jaugeages sériés sur les cours d'eau principaux (Auzon, ru du Grand Bois, ru des Embrussiers...)** afin de tenter d'identifier une ou plusieurs pertes.

Afin d'améliorer la connaissance au niveau du forage de la Puzette nous préconisons la **réalisation d'une diagraphie couplée à des analyses isotopiques du sulfates au sein du forage de la Puzette** afin de tenter de mieux comprendre l'origine des sulfates dans l'eau du forage (problème récurrent d'eau agressive d'après les informations recueillies par l'exploitant). Cette opération permettra de renseigner l'origine du sulfates dissous et, si possible, sur le/les horizons problématiques qu'il serait nécessaire d'obstruer et/ou de proposer des solutions adéquates.

VII.3.9.3 Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée

A partir des ouvrages connus et recensés, des prélèvements pour analyses seront effectués (ions majeurs dont les nitrates, les sulfates et quelques ions métalliques spécifiques).

Afin d'implanter un possible nouvel ouvrage de prélèvement dans la zone de production définie de la ZSE Puzette (qui soit compatible avec la poursuite de l'exploitation du forage AEP), nous préconisons plusieurs investigations préalables :

- Analyse photo-interprétative du secteur d'étude ;
- Réalisation d'un ou deux profils géophysique (panneaux électriques) de 630 mètres afin de permettre d'affiner la structure souterraine et repérer d'éventuels accidents géologiques dans l'objectif d'implanter un forage de reconnaissance ;
- Réalisation d'un forage de reconnaissance y compris équipement provisoire, logistique de pompage d'essai et pompage d'essai avec mesure d'incidence sur le forage Puzette et sur le milieu naturel....

VII.3.9.4 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Au cours du pompage sur le nouveau forage et/ou sur le forage de la Puzette, plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés selon le résultat des jaugeages sériés afin de préciser les relations nappe-ruisseaux ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.9.5 Coûts des investigations proposées

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Recensement d'ouvrages (10) – fiches – sélection des points d'eau ; nivellement des ouvrages recensés et des sources et carte piézométrique	évaluer le potentiel hydrogéologique de nappe des grès triasique – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements – carte piézométrique	1 à 2 semaines	A l'été	10000.00	1
Instrumentation 2 à 4 forages	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1 jour	Toute l'année	15000.00 (hors dépose/pose d'une installation)	1
Inspection caméra et diagraphies sur le forage Pausette	Dans le forage de la Pausette, préciser la ou les venues d'eau responsables des sulfates	1 journée	Toute l'année	2500.00 (hors dépose/repose de la pompe)	1
Analyses d'eau régulières des sulfates dans l'eau pompée dans le forage de la Pausette	Dans le forage de la Pausette, étudier sur un cycle hydrologique si les concentrations en sulfates dans l'eau pompée évoluent	1 journée	1 fois/mois	10000	1
Analyse photo-interprétative 2 profils géophysiques de 630m	Préciser l'implantation d'un nouveau forage de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
1 forage de reconnaissance, développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Disposer d'une ressource en eau complémentaire du forage de la Pausette : reconnaissance géologique, confirmation du potentiel	1 mois	Un peu avant l'été	50000	1
Pompage d'essai 1 mois, analyse d'eau et interprétation	Tester le nouvel ouvrage et connaître ses capacités d'exploitation	1 mois	A l'été	20000	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				122 500,00 €	

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Préciser l'origine des sulfates dans le forage de la Pazuzette (diagraphies, Analyses isotopiques S et O)	Préciser la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère et connaître plus précisément ses caractéristiques	1 à 2 semaines	Toute l'année	8000.00 (hors pose/dépose pompe)	2
Acquisition, installation d'une station météorologique	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1/2 journée	Toute l'année	2000.00	2
Jaugeages simples aux exutoires et jaugeages sériés sur les cours d'eau	Etablir une courbe d'étalonnage des débits – identification de pertes	2-3 journées	A l'étiage	10000.00	2
Relevé capteurs à fréquence mensuelle puis traitement des données – relevés stations météo	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	2 journées	1 fois/mois	25000.00 pour 3 cycles hydrologiques	2
Prélèvement et Analyse d'échantillon d'eau (10) (laboratoire COFRAC) (ions majeurs + isotopes sulfates), y compris traitement et interprétation des données	Signature géochimique	1 journée	Etiage	5500.00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de l'aquifère	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				75 500,00 €	

VII.3.10 PROPOSITIONS D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES AU SEIN DE LA ZSNEA « TRIAS SUPERIEUR MERIDIONAL »

VII.3.10.1 Rappels

D'un point de vue géologique au niveau de la ZSNEA Trias sup méridional (voir délimitation figure 111), nous sommes dans la même configuration que pour la ZSE Pazuzette avec les terrain triasiques affleurants dans sa globalité.

On rappellera seul le Trias supérieur est ici majoritairement à l'affleurement, jusqu'à la faille de Païolive. Le pendage général est le plus souvent de 10 à 15° vers le Sud-Est. A l'Est de cette faille, le Trias se retrouve non érodé sous 100 à 200 mètres de formations carbonatées liasiques.

Comme pour la ZSE Pazuzette, il n'existe que très peu de grosse émergence sur cette ZSNEA on peut toutefois souligner la présence que quelques réseaux pseudo-karstiques assez intéressants non loin :

- La résurgence du Cros se développe sur 83 mètres.
- La Fontaine de Champetier se développe sur 400 m dans le Trias supérieur sans assise marneuse. Les débits observés varient de 0,25 l/s à 30 l/s.
- La Fontaine du Vignal se développe sur près de 2 Km dans le Trias supérieur. Les débits observés varient de 0,5 l/s à 50 l/s.

On notera que les directions d'écoulement peuvent s'effectuer différemment au sein des étages du Trias :

- Le sens d'écoulement suit le pendage (vers le Sud-Est) pour les formations triasiques supérieures et inférieures lorsque celles-ci ne sont pas affectées par les failles.
- Pour le Trias moyen, le sens d'écoulement reste également majoritairement dans le sens du pendage mais les réseaux pseudo-karstiques se sont également développés suivant les directions suivantes (Nord à Sud et Nord-Ouest à Sud-Est).

Au niveau de la ZSNEA Trias Sup Méridional, il existe des ouvrages agricoles et privés non connus précisément si ce n'est leurs simples existences ainsi que quelques sources temporaires ou de faible débit d'étiage. Ainsi, nous préconisons plusieurs investigations complémentaires qui pourront s'étendre au-delà de la zone prédéfinie en ZSNEA. Ces investigations consisteraient dans :

- Les études complémentaires réalisées dans l'objectif de mieux délimiter et d'améliorer la compréhension du ou des aquifères triasiques ;
- Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée.

VII.3.10.2 Les investigations d'ordre quantitatif pour la délimitation et une meilleure compréhension du ou des aquifères triasiques

Ces investigations ne pourront se faire qu'à partir de mesures sur l'existant. Une campagne d'inventaire d'ouvrages connus ou non sera nécessaire. Seront retenus les ouvrages les plus pertinents qui prendront en compte certains critères tels que :

- Connaissance de la profondeur du forage et de sa coupe technique ; sinon caméra et diagraphies...
- Connaissance de ses capacités ;
- Possibilité de prélèvements sur les forages et de mesure du débit pour les sources ;
- Pertinence du point pour les activités qui vont suivre (suivi quantitatif et prélèvements).

Ce ne sera qu'ensuite que l'on pourra effectuer les mesures.

Cette phase de recensement doit être regroupée et combinée avec le dénombrement physique des forages domestiques. Il existe certainement quelques forages non déclarés notamment sur l'ensemble du domaine triasique dans les zones urbanisées (St-Genest-de-Beauzon, Les Assions, et les parties Sud des communes de Lablachère et Payzac. Il s'agit d'un secteur élargi par rapport à la ZSNEA et s'étendant jusqu'en limite sud (moitié sud de l'unité triasique « Lablachère » (cf Figure 156). Il s'agit de réaliser une prospection de terrain au sein du bassin d'alimentation supposé de l'aquifère triasique. Cette prospection permettra de compléter la base de données existante créée dans le cadre de l'étude.

Au-delà de la nécessité d'un recensement le plus exhaustif possible des ouvrages domestiques, Nous espérons pouvoir disposer d'au moins **10 ouvrages** présents sur le domaine défini, ceci à raison de 3/4 ouvrages par jour soit au maximum 2 3 jours de travail consacrés à cette phase.

Chaque point d'eau visité devra faire l'objet d'une fiche signalétique où serait notée entre autres : le niveau d'eau, la profondeur, l'usage du point d'eau, les informations d'ordre géologique et technique concernant l'ouvrage et sa réalisation, la productivité du forage ou de la source...

Ceci signifie donc de passer du temps sur chaque point d'eau pour en tirer le maximum d'informations.

Il faudra écarter automatiquement les ouvrages dont il est impossible d'avoir une information cohérente. Dès que l'occasion pourra se présenter, le niveau d'eau ou le débit devront être mesurés, ainsi que la profondeur du forage, la productivité de celui-ci pourra être évaluée à l'aide d'un test de pompage, et quelques mesures physico-chimiques in situ (température, pH, conductivité) seront réalisées.

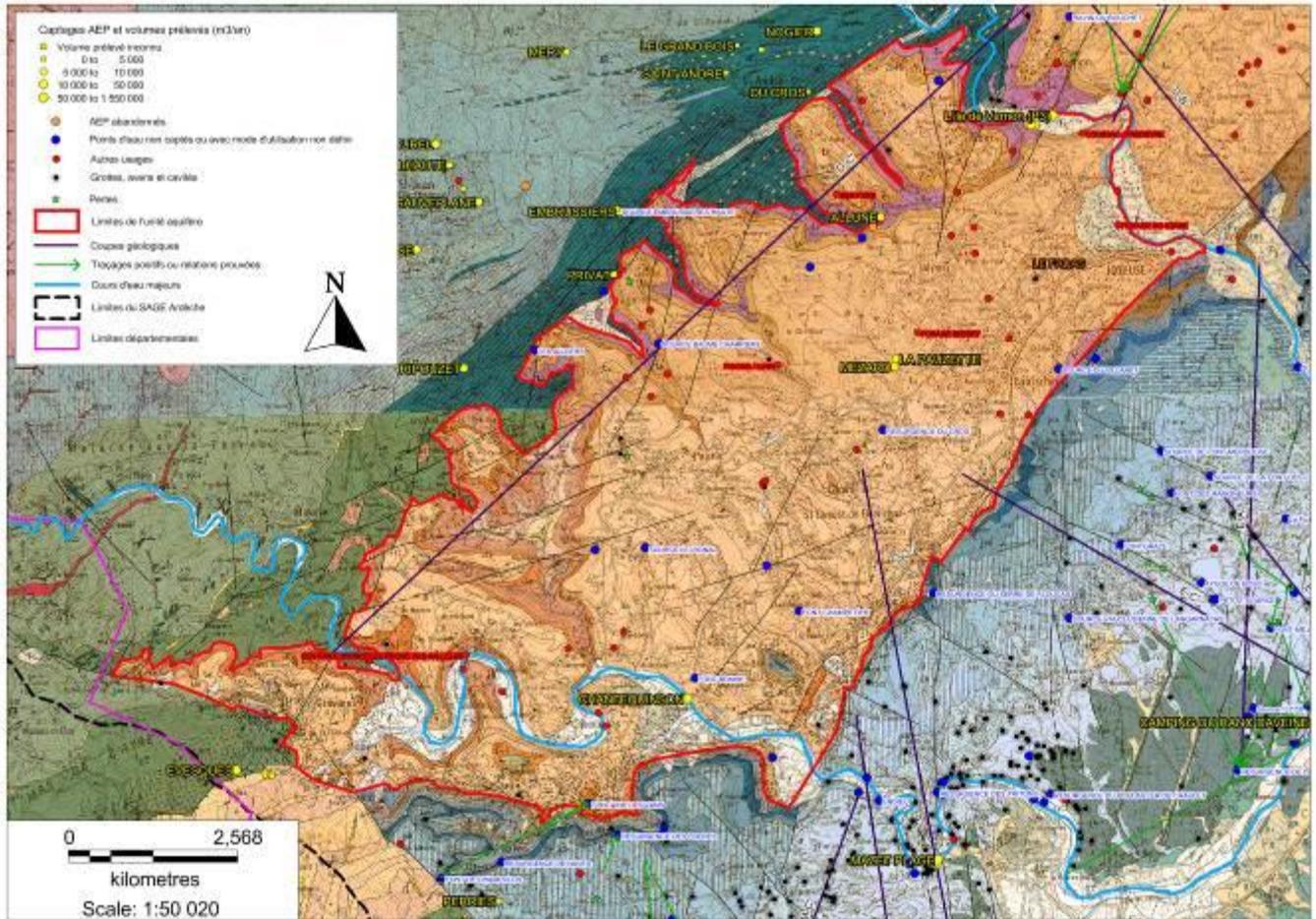


Figure 156 : domaine de recensement des points d'eau sur la moitié sud de l'unité triasique « Lablachère »

Ce recensement permettra d'évaluer les volumes prélevés ou sortant naturellement dans ce secteur.

L'objectif, à l'issue de ce recensement, est aussi de pouvoir disposer d'au minimum 1 ouvrage utilisable pour un suivi quantitatif et 5 à 10 ouvrages pour réaliser des prélèvements.

L'instrumentation d'un forage à l'aide d'un capteur de niveau pour acquérir des chroniques piézométriques sur au moins 3 cycles hydrologiques. La coupe des ouvrages sélectionnés sera obligatoirement connue.

La station météo proposée dans le cadre des études complémentaire sur la ZSE PAUZETTE pourrait être réemployée pour l'étude de cette ZSNEA. A défaut une station pluviométrique pourrait être installée sur la commune de St-Genest ou de Payzac.

La réalisation de jaugeages sur les principales sources couplés aux enregistrements de niveau afin d'obtenir des chroniques de débit. La réalisation de **jaugeages sériés sur les cours d'eau principaux (Salindres, ru des embrusiers...)** afin de tenter d'identifier une ou plusieurs pertes.

Nous ne disposons d'aucun forage ayant de réelles capacités de production dans ce secteur, un pompage d'essai serait envisageable mais les débits risquent d'être décevants sinon ils seraient connus.

VII.3.10.3 Les investigations complémentaires pour l'implantation d'un nouvel ouvrage de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ainsi que pour connaître l'aspect qualitatif de l'eau de la nappe visée

A partir des ouvrages connus et recensés, des prélèvements pour analyses seront effectués (ions majeurs dont les nitrates, les sulfates et quelques ions métalliques spécifiques).

Afin d'implanter un possible nouvel ouvrage de prélèvement dans la zone de production définie de la ZSNEA Trias sup Méridional, nous préconisons plusieurs investigations préalables :

- Analyse photo-interprétative du secteur d'étude ;
- Réalisation d'un ou deux profils géophysique (panneaux électriques) de 630 mètres afin de permettre d'affiner la structure souterraine et repérer d'éventuels accidents géologiques dans l'objectif d'implanter un forage de reconnaissance ;
- Réalisation d'un forage de reconnaissance y compris équipement provisoire, logistique de pompage d'essai, pompage d'essai....

VII.3.10.4 Des investigations visant à préciser la vulnérabilité des zones de sauvegarde :

Plusieurs traçages aux traceurs fluorescents pourront alors être proposés selon le résultat des jaugeages sériés afin de préciser les relations nappe-ruisseaux ou préciser les vitesses d'écoulement des eaux dans le système.

VII.3.10.5 Coûts des investigations proposées

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Investigations	Objectifs	Délai	Période de réalisation	Coûts (euros HT)	Priorisation
Recensement d'ouvrages (10) – fiches – sélection des points d'eau ; nivellement des ouvrages recensés et des sources et carte piézométrique	évaluer le potentiel hydrogéologique de nappe des grès triasique – Disposer d'ouvrages pour un suivi quantitatif et des prélèvements – carte piézométrique	1 semaine	Toute l'année (carte piézo à faire de préférence à l'étiage)	10000.00	1
Instrumentation 1 forage	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1/2 jour	Toute l'année	3500.00 (hors dépose/pose d'une installation)	1
Acquisition, installation d'une station météorologique	Disposer de chroniques des précipitations à fréquence journalière	1/2 journée	Toute l'année	2000.00	1
Jaugeages simples aux exutoires et jaugeages sériés sur les cours d'eau	Etablir une courbe d'étalonnage des débits – identification de pertes	1-2 journées	Etiage	9500.00	1
Relevé capteurs à fréquence mensuelle puis traitement des données – récupération des données pluviométriques	Disposer de chroniques piézométriques pour évaluer les volumes exploitables en basses eaux, les volumes de réserves et la taille du BV	1/2 journée	1 fois/mois	25000.00 pour 3 cycles hydrologiques	1
Analyse photo-interprétative 2 profils géophysiques de 630m	Préciser l'implantation des forages de reconnaissance	2 semaines	Toute l'année	15000.00	1
1 ou forages de reconnaissance de 250m de profondeur, développement et courbe caractéristique sur un total de 24h de pompage, y compris diagraphies	Disposer d'un ouvrage avec des capacités d'exploitation connues : reconnaissance géologique, confirmation du potentiel	1 mois	Un peu avant l'étiage	2 x 43000.00	1
Pompage d'essai 1 mois, analyse d'eau et interprétation	Tester le nouvel ouvrage et connaître ses capacités d'exploitation	1 mois	A l'étiage	30000	1
TOTAL des investigations de priorité 1:				181 000,00 €	
Prélèvement (10) et Analyse d'un échantillon d'eau (laboratoire COFRAC), y compris traitement et interprétation des données	Signature géochimique	1 journée	Etiage	5000.00	2
Traçage aux traceurs fluorescents – jusqu'à 3 points d'injection/5 points de restitution possible mais demande un repérage de terrain pour identifier un point d'injection fiable	Détermination de la vulnérabilité de l'aquifère	1 mois	Fonction des caractéristiques des points d'injection et de restitution	25000.00/traçage	2
TOTAL des investigations de priorité 2:				30 000,00 €	

VIII ANNEXES

Annexe 1: tableau de calcul d'ETR à partir des données de la station d'Aubenas.

Date	Pluie journalière (mm)	ETP grille (mm)	ETR
01/08/2014	22,5	5,4	5,4
02/08/2014	0	2,3	0
03/08/2014	0,5	4,4	0,5
04/08/2014	0	2,6	0
05/08/2014	0	5,6	0
06/08/2014	0	5,5	0
07/08/2014	0	4,8	0
08/08/2014	14	4,7	4,7
09/08/2014	0	4,3	0
10/08/2014	3	3,6	3
11/08/2014	0	4,5	0
12/08/2014	14,5	3,8	3,8
13/08/2014	0	5,2	0
14/08/2014	0	4,3	0
15/08/2014	0	4,4	0
16/08/2014	0	5,3	0
17/08/2014	0	4,9	0
18/08/2014	20	3,9	3,9
19/08/2014	0	4,6	0
20/08/2014	0	3,7	0
21/08/2014	0	4,6	0
22/08/2014	0	2,9	0
23/08/2014	0	6	0
24/08/2014	0	4,7	0
25/08/2014	0	4,3	0
26/08/2014	1	1,7	1
27/08/2014	0	5,1	0
28/08/2014	0	5,3	0
29/08/2014	0	4,4	0
30/08/2014	0	5,3	0
31/08/2014	0	5,7	0
01/09/2014	0	6,4	0
02/09/2014	0	7,1	0
03/09/2014	0	4,9	0
04/09/2014	1	4,5	1
05/09/2014	2,5	4,2	2,5
06/09/2014	0	4,7	0
07/09/2014	0	4,6	0
08/09/2014	0	3,1	0
09/09/2014	3,5	3,6	3,5
10/09/2014	0	4,6	0
11/09/2014	0	5,4	0
12/09/2014	0	5,4	0
13/09/2014	0	4,7	0
14/09/2014	0	3,9	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

15/09/2014	3	2,9	2,9
16/09/2014	0	3	0
17/09/2014	49	2,2	2,2
18/09/2014	61,5	1,2	1,2
19/09/2014	46	0,8	0,8
20/09/2014	0	2,6	0
21/09/2014	0	4,2	0
22/09/2014	0	4,8	0
23/09/2014	0	4,3	0
24/09/2014	0	1	0
25/09/2014	0	3,4	0
26/09/2014	0	3,7	0
27/09/2014	0	2,9	0
28/09/2014	0	2,7	0
29/09/2014	11,5	0,3	0,3
30/09/2014	0	2,2	0
01/10/2014	0	3,2	0
02/10/2014	0	3,2	0
03/10/2014	0	2,4	0
04/10/2014	0	2,4	0
05/10/2014	0	2,4	0
06/10/2014	23	0,9	0,9
07/10/2014	10,5	0,5	0,5
08/10/2014	1,5	2,4	1,5
09/10/2014	52,5	0,7	0,7
10/10/2014	37	0,8	0,8
11/10/2014	0	2,2	0
12/10/2014	3	1,1	1,1
13/10/2014	11	2,1	2,1
14/10/2014	0	1,6	0
15/10/2014	0	1,4	0
16/10/2014	0	1,1	0
17/10/2014	0	1,9	0
18/10/2014	0	1,6	0
19/10/2014	0	1,6	0
20/10/2014	0	1,4	0
21/10/2014	0	3,5	0
22/10/2014	0	4,3	0
23/10/2014	0	2,7	0
24/10/2014	0	3,2	0
25/10/2014	0	2	0
26/10/2014	0	1,8	0
27/10/2014	0	1,2	0
28/10/2014	0	1	0
29/10/2014	0	1,6	0
30/10/2014	0	1,4	0
31/10/2014	0	1	0
01/11/2014	0	0,8	0
02/11/2014	19	0,2	0,2
03/11/2014	81,5	0,3	0,3
04/11/2014	50,5	0,1	0,1

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

05/11/2014	0	1,9	0
06/11/2014	0	1,6	0
07/11/2014	0	1,1	0
08/11/2014	8	1,1	1,1
09/11/2014	34	0	0
10/11/2014	6	1	1
11/11/2014	24,5	1,1	1,1
12/11/2014	7	1,2	1,2
13/11/2014	0	1	0
14/11/2014	67	0	0
15/11/2014	0,5	0,7	0,5
16/11/2014	2,5	0,6	0,6
17/11/2014	1,5	0,6	0,6
18/11/2014	0	0,5	0
19/11/2014	0	0,7	0
20/11/2014	0,5	0	0
21/11/2014	0,5	0,2	0,2
22/11/2014	0,5	0,3	0,3
23/11/2014	0	1,3	0
24/11/2014	2,5	0,7	0,7
25/11/2014	8,5	0,6	0,6
26/11/2014	44,5	0,6	0,6
27/11/2014	42,5	0,5	0,5
28/11/2014	0,5	2,3	0
29/11/2014	3,5	1	1
30/11/2014	3	0,5	0,5
01/12/2014	0	0,9	0
02/12/2014	0	1,6	0
03/12/2014	3	0,7	0,7
04/12/2014	5	0,2	0,2
05/12/2014	0,5	1,3	0,5
06/12/2014	0	2	0
07/12/2014	0	2,2	0
08/12/2014	0	1,3	0
09/12/2014	0	2,3	0
10/12/2014	0	1,5	0
11/12/2014	0	1,9	0
12/12/2014	0,5	0,2	0,2
13/12/2014	0,5	0,1	0,1
14/12/2014	8,5	0	0
15/12/2014	0	0,9	0
16/12/2014	0	1,4	0
17/12/2014	3	0,9	0,9
18/12/2014	0	0,3	0
19/12/2014	0	1,5	0
20/12/2014	0	1,7	0
21/12/2014	0	2,6	0
22/12/2014	0	1,3	0
23/12/2014	0	0,7	0
24/12/2014	0	1,1	0
25/12/2014	0	1,5	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

26/12/2014	0	1,9	0
27/12/2014	0,5	0,7	0,5
28/12/2014	0	1,1	0
29/12/2014	0	2,4	0
30/12/2014	0	2,1	0
31/12/2014	0	2,1	0
01/01/2015	0	1,2	0
02/01/2015	0	1,7	0
03/01/2015	0	1,4	0
04/01/2015	0	3	0
05/01/2015	0	2,1	0
06/01/2015	0	1,5	0
07/01/2015	0	1,3	0
08/01/2015	0	1,2	0
09/01/2015	0	1,2	0
10/01/2015	0	1,9	0
11/01/2015	0	2,1	0
12/01/2015	0	1,7	0
13/01/2015	1	0	0
14/01/2015	0	0,8	0
15/01/2015	2	0,2	0,2
16/01/2015	30	0,2	0,2
17/01/2015	0	1,3	0
18/01/2015	18	0,3	0,3
19/01/2015	31,5	0,1	0,1
20/01/2015	2,5	0,3	0,3
21/01/2015	28,5	0	0
22/01/2015	0	1,1	0
23/01/2015	0	1,2	0
24/01/2015	0	2,4	0
25/01/2015	0	2,7	0
26/01/2015	0	1,8	0
27/01/2015	0	1,7	0
28/01/2015	0	1,6	0
29/01/2015	1,5	0,3	0,3
30/01/2015	0	1,7	0
31/01/2015	0	1,2	0
01/02/2015	0	1,3	0
02/02/2015	0,5	1,1	0,5
03/02/2015	0	0,8	0
04/02/2015	0	1,6	0
05/02/2015	0	1,9	0
06/02/2015	0	1,4	0
07/02/2015	0	1,7	0
08/02/2015	0	2,4	0
09/02/2015	0	3,4	0
10/02/2015	0	2,5	0
11/02/2015	0	1,2	0
12/02/2015	0	1,6	0
13/02/2015	8	0,2	0,2
14/02/2015	1	0,7	0,7

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

15/02/2015	7,5	0,3	0,3
16/02/2015	0	1,4	0
17/02/2015	0	1,9	0
18/02/2015	0	1,8	0
19/02/2015	0	1,1	0
20/02/2015	10	0,5	0,5
21/02/2015	9,5	0,8	0,8
22/02/2015	0	2,5	0
23/02/2015	0	1,8	0
24/02/2015	0	2,3	0
25/02/2015	0	3,6	0
26/02/2015	6,5	2,1	2,1
27/02/2015	3,5	2,5	2,5
28/02/2015	2,5	2,9	2,5
01/03/2015	0	0,8	0
02/03/2015	0	2,2	0
03/03/2015	0	2,3	0
04/03/2015	0	2,8	0
05/03/2015	0	4,6	0
06/03/2015	0	4,6	0
07/03/2015	0	3,2	0
08/03/2015	0	2,1	0
09/03/2015	0	2,1	0
10/03/2015	0	2,8	0
11/03/2015	0	4,3	0
12/03/2015	0	4,4	0
13/03/2015	0	2,1	0
14/03/2015	11,5	2,4	2,4
15/03/2015	2	1,2	1,2
16/03/2015	0,5	2	0,5
17/03/2015	0	1,4	0
18/03/2015	0	2,4	0
19/03/2015	0	2,4	0
20/03/2015	0	1,7	0
21/03/2015	4	1,1	1,1
22/03/2015	0	2,1	0
23/03/2015	0	2,1	0
24/03/2015	7	1,9	1,9
25/03/2015	0,5	1,8	0,5
26/03/2015	0	4	0
27/03/2015	0	4,2	0
28/03/2015	0	3,9	0
29/03/2015	0	3,2	0
30/03/2015	0	3,9	0
31/03/2015	0	4,7	0
01/04/2015	0	4,8	0
02/04/2015	0	3,8	0
03/04/2015	0	3,9	0
04/04/2015	0	3,4	0
05/04/2015	0	4,8	0
06/04/2015	0	4,4	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

07/04/2015	0	4,4	0
08/04/2015	0	3,2	0
09/04/2015	0	3,7	0
10/04/2015	0	3,5	0
11/04/2015	0	3,5	0
12/04/2015	0	3,8	0
13/04/2015	0	4	0
14/04/2015	0	6,8	0
15/04/2015	0	4,9	0
16/04/2015	5	2,7	2,7
17/04/2015	0	2,3	0
18/04/2015	0,5	3	0,5
19/04/2015	6	1	1
20/04/2015	0	4,6	0
21/04/2015	0	4,7	0
22/04/2015	0	4,1	0
23/04/2015	0	4,6	0
24/04/2015	0	5,2	0
25/04/2015	2,5	0,7	0,7
26/04/2015	44	1,3	1,3
27/04/2015	27	0,8	0,8
28/04/2015	0	5,4	0
29/04/2015	0	4,2	0
30/04/2015	0	3,4	0
01/05/2015	0,5	0,6	0,5
02/05/2015	0	3,8	0
03/05/2015	1	3,1	0
04/05/2015	0	3,6	0
05/05/2015	1	4	1
06/05/2015	0	5,7	0
07/05/2015	0	4,3	0
08/05/2015	2,5	2,5	2,5
09/05/2015	0	5,1	0
10/05/2015	0	5,8	0
11/05/2015	0	5,1	0
12/05/2015	0	5,4	0
13/05/2015	0	4	0
14/05/2015	0	6,1	0
15/05/2015	1	4,4	1
16/05/2015	0	6,1	0
17/05/2015	0	7,5	0
18/05/2015	0	6	0
19/05/2015	0	3,8	0
20/05/2015	0	4,8	0
21/05/2015	0	6	0
22/05/2015	0	8	0
23/05/2015	0	7,7	0
24/05/2015	0	6,1	0
25/05/2015	0	5,5	0
26/05/2015	0	6,2	0
27/05/2015	0	7,4	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

28/05/2015	0	6,2	0
29/05/2015	0	5,2	0
30/05/2015	0	6,1	0
31/05/2015	0	5,9	0
01/06/2015	10,5	4,3	4,3
02/06/2015	0	5,6	0
03/06/2015	0	6	0
04/06/2015	0	6,9	0
05/06/2015	0	7,2	0
06/06/2015	2	7,5	0
07/06/2015	0	7,4	0
08/06/2015	0	7,1	0
09/06/2015	0	6,5	0
10/06/2015	16	4,3	4,3
11/06/2015	2	5,6	2
12/06/2015	39,5	2	2
13/06/2015	40	4,1	4,1
14/06/2015	1	3,6	1
15/06/2015	0	5,2	0
16/06/2015	0,5	4,1	0,5
17/06/2015	0	7,2	0
18/06/2015	0	7,3	0
19/06/2015	0	7,1	0
20/06/2015	0	8,3	0
21/06/2015	0	5,6	0
22/06/2015	0	5,6	0
23/06/2015	0	5,8	0
24/06/2015	0	7,6	0
25/06/2015	0	6,1	0
26/06/2015	0	7	0
27/06/2015	0	6,8	0
28/06/2015	0	8,6	0
29/06/2015	0	7,8	0
30/06/2015	0	7,3	0
01/07/2015	0	7,2	0
02/07/2015	0	7,1	0
03/07/2015	0	7,2	0
04/07/2015	0	7,9	0
05/07/2015	0	7,4	0
06/07/2015	0	7,5	0
07/07/2015	0	7	0
08/07/2015	0	9	0
09/07/2015	0	9	0
10/07/2015	0	8,8	0
11/07/2015	0	7,4	0
12/07/2015	0	9	0
13/07/2015	0	9	0
14/07/2015	0	9	0
15/07/2015	0	8,7	0
16/07/2015	0	7,6	0
17/07/2015	0	7,6	0

18/07/2015	0	6,9	0
19/07/2015	0	6,3	0
20/07/2015	0	9	0
21/07/2015	0	9	0
22/07/2015	0	8,1	0
23/07/2015	0	9	0
24/07/2015	0	8,6	0
25/07/2015	0	8,9	0
26/07/2015	0	7,6	0
27/07/2015	0	8,1	0
28/07/2015	0	8	0
29/07/2015	0	5,2	0
30/07/2015	0	7,7	0
31/07/2015	2	7,8	2
Somme	1216		109,8

Annexe 2 : tableau des débits estimés au niveau des trop-pleins des sources de Vogüé

DATES	Estugnes Nord (cm)	Estugnes Sud (cm)	Pontet (cm)	Pontet (m3/h)	Estugnes Sud (m3/h)	Estugnes Nord (m3/h)	Estugnes (N+S)
14/6/15 10:00	30	45	28	560	1156,5	60	1201,5
14/6/15 17:30	22	34	26,5	530	873,8	44	907,8
14/6/15 22:30	16	32	25,5	510	822,4	32	854,4
15/6/15 6:45	7	20	25	500	514	14	534
15/6/15 12:00	4	17	24	480	436,9	8	453,9
15/6/15 17:00	4	13	23	460	334,1	8	347,1
15/6/15 23:30	6	18	25	500	462,6	12	480,6
16/6/15 6:45	5	18	25,5	510	462,6	10	480,6
16/6/15 12:30	4	15	24	480	385,5	8	400,5
16/6/15 15:30	4	12	23,5	470	308,4	8	320,4
16/6/15 22:30	1	6	23	460	154,2	2	160,2
17/6/15 6:05	0	1	20	400	25,7	0	26,7
17/6/15 22:00	0	0	15	300	0	0	0
18/6/15 8:00	0	0	13	260	0	0	0
18/6/15 18:00	0	0	2	40	0	0	0
19/6/15 7:30	0	0	0	0	0	0	0

Annexe 3 : tableau de calcul de la masse d'AAG restituée au Câble

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
16/06/2015	48	70	50	3360000	168
18/06/2015	48	85	300	4080000	1224
20/06/2015	48	90	700	4320000	3024
22/06/2015	48	90	1100	4320000	4752
24/06/2015	48	87	1100	4176000	4593,6
26/06/2015	48	80	1050	3840000	4032
28/06/2015	48	70	900	3360000	3024
30/06/2015	48	54	500	2592000	1296
02/07/2015	48	42	300	2016000	604,8
04/07/2015	48	36	150	1728000	259,2

06/07/2015	48	34	75	1632000	122,4
08/07/2015	48	33	65	1584000	102,96
10/07/2015	48	33	59	1584000	93,456
12/07/2015	48	32	55	1536000	84,48
14/07/2015	48	32	53	1536000	81,408
16/07/2015	48	32	50	1536000	76,8
18/07/2015	48	32	48	1536000	73,728
20/07/2015	48	32	47	1536000	72,192
22/07/2015	48	32	46	1536000	70,656
24/07/2015	48	32	45	1536000	69,12
					23824,8

Annexe 4 : tableau de calcul de la masse d'AAG restituée au Pontet

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
04/07/2015	48	280	13	13440000	174,72
06/07/2015	48	280	18	13440000	241,92
08/07/2015	48	280	32	13440000	430,08
10/07/2015	48	280	50	13440000	672
12/07/2015	48	280	105	13440000	1411,2
14/07/2015	48	280	166	13440000	2231,04
16/07/2015	48	280	193	13440000	2593,92
18/07/2015	48	280	171	13440000	2298,24
20/07/2015	48	280	146	13440000	1962,24
22/07/2015	48	280	113	13440000	1518,72
24/07/2015	48	280	92	13440000	1236,48
26/07/2015	48	280	75	13440000	1008
28/07/2015	48	280	68	13440000	913,92
30/07/2015	48	280	56	13440000	752,64
01/08/2015	48	280	48	13440000	645,12
03/08/2015	48	280	40	13440000	537,6
05/08/2015	48	280	35	13440000	470,4
07/08/2015	48	280	28	13440000	376,32
09/08/2015	48	280	25	13440000	336
11/08/2015	48	280	20	13440000	268,8
					20079,36

Annexe 5 : tableau de calcul de la masse de Fluorescéine restituée au Pontet

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
25/07/2015	48	280	0,2	13440000	2,688
27/07/2015	48	280	0,4	13440000	5,376
29/07/2015	48	280	1	13440000	13,44
31/07/2015	48	280	2,5	13440000	33,6
02/08/2015	48	280	5	13440000	67,2
04/08/2015	48	280	9	13440000	120,96
06/08/2015	48	280	14	13440000	188,16
08/08/2015	48	280	19	13440000	255,36
10/08/2015	48	280	26,5	13440000	356,16
12/08/2015	48	280	24	13440000	322,56
14/08/2015	48	280	10	13440000	134,4
16/08/2015	48	280	0,5	13440000	6,72
18/08/2015	48	280	0,2	13440000	2,688
					1509,312

Annexe 6 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée à Chabanne

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
14/06/2015	24	2	2	48000	0,096
15/06/2015	24	112	130	2688000	349,44
16/06/2015	24	0,4	120	9600	1,152
17/06/2015	24	0,03	85	720	0,0612
18/06/2015	24	0	60	0	0
19/06/2015	24	0	42	0	0
20/06/2015	24	0	26	0	0
21/06/2015	24	0	15	0	0
22/06/2015	24	0	5	0	0
23/06/2015	24	0	0	0	0
24/06/2015	24	0	0	0	0
25/06/2015	24	0	0	0	0
26/06/2015	24	0	0	0	0
				2746,32	350,7492

Annexe 7 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée aux Poubelles

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
14/06/2015	24	2	0	48000	0
15/06/2015	24	405	28	9720000	272,16
16/06/2015	24	75	20	1800000	36
17/06/2015	24	22	10	528000	5,28
18/06/2015	24	10	0	240000	0
19/06/2015	24	8	0	192000	0
20/06/2015	24	5	0	120000	0
21/06/2015	24	0	0	0	0
22/06/2015	24	0	0	0	0
23/06/2015	24	0	0	0	0
24/06/2015	24	0	0	0	0
25/06/2015	24	0	0	0	0
26/06/2015	24	0	0	0	0
				12648	313,44

Annexe 8 : tableau de calcul de la masse de Sulforhodamine restituée au Pontet

Date	Temps	Débit	Conc (µg/l)	volume (l)	masse (g)
17/06/2015	24	2130	10	51120000	511,2
18/06/2015	24	1952	20	46848000	936,96
19/06/2015	24	1565	10	37560000	375,6
20/06/2015	24	1250	3	30000000	90
21/06/2015	24	980	2	23520000	47,04
22/06/2015	24	280	2	6720000	13,44
23/06/2015	24	280	2	6720000	13,44
24/06/2015	24	280	1	6720000	6,72
25/06/2015	24	280	1	6720000	6,72
26/06/2015	24	280	1	6720000	6,72
					2007,84

Annexe 9 : Rapports d'analyse du laboratoire

A. CONCENTRATION EN COLORANT

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Eosine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine (µg/L)	Concentration en Naphthionate (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Poubelles Haut	03/06/2015	18h45	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
	09/06/2015	17h54	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Poubelles Bas	03/09/2015	18h40	OUI	NON	0,04	∅	∅	∅	∅
	09/06/2015	17h57	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Chabanne	10/06/2015	10h50	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Estagnes Nord	09/06/2015	09h30	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Estagnes Sud	03/06/2015	15h00	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Pontet Sud	09/06/2015	10h40	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Pontet Nord	09/06/2015	10h25	OUI	NON	0,08	∅	∅	∅	∅
Cable Aval	07/06/2015	10h42	OUI	NON	0,07	∅	∅	∅	∅
Cable Amont	07/06/2015	11h36	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Combe Rajeau	10/06/2015	11h30	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Glou 1	03/06/2015	10h30	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Glou 2	09/06/2015	11h40	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
Valérie	03/06/2015	15h50	OUI	NON	∅	∅	∅	∅	∅
	07/06/2015	13h30	OUI	NON	0,10	∅	∅	∅	∅

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Eosine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine (µg/L)	Analysé	Concentration en Naphtionate (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Poubelles Haut	15/06/2015	11h25	OUI	NON	∅	∅	27,70	OUI	∅	∅
	15/06/2015	16h40	OUI	NON	∅	∅	20,26	OUI	∅	∅
Poubelles Bas	15/06/2015	11h25	OUI	NON	∅	∅	27,58	OUI	∅	∅
Chabanne	14/06/2015	11h15	OUI	NON	∅	∅	∅	OUI	∅	∅
	15/06/2015	09h15	OUI	OUI	∅	∅	128,94	OUI	∅	∅
	15/06/2015	15h00	OUI	OUI	∅	∅	129,85	OUI	∅	∅
Source Rive Droite Amont Chabanne	15/06/2015	15h00	OUI	NON	∅	∅	∅	OUI	∅	∅
Estugnes Nord	15/06/2015	11h20	OUI	NON	∅	∅	∅	NON	∅	∅
Estugnes Sud	15/06/2015	11h15	OUI	NON	∅	∅	∅	NON	∅	∅
Pontet Sud	15/06/2015	10h15	OUI	NON	∅	∅	∅	NON	∅	∅
Pontet nord	15/06/2015	10h00	OUI	NON	∅	∅	∅	NON	∅	∅
Valérie	14/06/2015	12h15	OUI	NON	∅	∅	∅	OUI	∅	∅
Echantillon Pontet Sud (préleveur)	09/06/2015	10h30	OUI	NON	0,15	∅	∅	NON	∅	∅
	2		OUI	NON	0,14	∅	∅	NON	∅	∅
	3		OUI	NON	0,11	∅	∅	NON	∅	∅
	4		OUI	NON	0,13	∅	∅	NON	∅	∅
	5		OUI	NON	0,10	∅	∅	NON	∅	∅
	6		OUI	NON	0,11	∅	∅	NON	∅	∅
	7		OUI	NON	0,11	∅	∅	NON	∅	∅
	8		OUI	NON	0,14	∅	∅	NON	∅	∅
	9		OUI	NON	0,12	∅	∅	NON	∅	∅
	10		OUI	NON	0,10	∅	∅	NON	∅	∅
	11		OUI	NON	0,11	∅	∅	NON	∅	∅
	12		OUI	NON	0,13	∅	∅	NON	∅	∅
	13		OUI	NON	0,12	∅	∅	NON	∅	∅
	14		OUI	NON	0,14	∅	∅	NON	∅	∅
	15		OUI	NON	0,14	∅	∅	NON	∅	∅

∅ Absence de colorant

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Eosine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine (µg/L)	Analysé	Concentration en Naphtionate (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Combe Rajeau	21/06/2015	12h20	Oui	Non	0,19	∅	0,17	Non	∅	∅
Glou Glou	15/06/2015	19h00	Non	Non	∅	∅	∅	Oui	∅	∅
Abîme Valérie	21/06/2015	09h00	Oui	Non	∅	∅	∅	Oui	∅	∅
Chabanne 2	16/06/2015	11h30	Oui	Non	∅	∅	∅	Oui	∅	∅
	18/06/2015	10h50	Oui	Non	∅	∅	∅	Oui	∅	∅
Chabanne	16/06/2015	11h00	Oui	Oui	∅	∅	94,17	Oui	∅	∅
	16/06/2015	14h20	Oui	Oui	∅	∅	110,97	Oui	∅	∅
	17/06/2015	10h30	Oui	Oui	∅	∅	76,86	Oui	∅	∅
	18/06/2015	10h30	Oui	Oui	∅	∅	54,11	Oui	∅	∅
Câble Amont	21/06/2015	10h40	Oui	Oui	∅	∅	∅	Oui	142,74	1068,63
Câble Aval	21/06/2015	10h00	Oui	Non	∅	∅	0,13	Non	∅	∅
Poubelle Haut	16/06/2015	10h30	Oui	Non	∅	∅	16,39	Oui	∅	∅
	16/06/2015	14h55	Oui	Non	∅	∅	19,23	Oui	∅	∅
	17/06/2015	10h00	Oui	Non	∅	∅	8,40	Oui	∅	∅
	18/06/2015	10h00	Oui	Non	∅	∅	0,91	Oui	∅	∅
	22/06/2015	16h50	Oui	Non	∅	∅	0,95	Oui	∅	∅
Estugne Nord	17/06/2015	08h30	Oui	Non	∅	∅	4,81	Non	∅	∅
	17/06/2015	17h00	Oui	Non	0,09	∅	7,88	Non	∅	∅
	19/06/2015	10h00	Oui	Non	∅	∅	4,30	Non	∅	∅
Estugne Sud	17/06/2015	08h30	Oui	Non	∅	∅	1,74	Non	∅	∅
	17/06/2015	17h15	Oui	Non	∅	∅	1,51	Non	∅	∅
	19/06/2015	10h15	Oui	Non	∅	∅	0,33	Non	∅	∅
Pontet Nord	17/06/2015	17h25	Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
	19/06/2015	09h15	Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
Pontet Sud	17/06/2015	08h30	Oui	Non	∅	∅	22,23	Non	∅	∅
	17/06/2015	17h36	Oui	Non	∅	∅	19,42	Non	∅	∅
	18/06/2015	07h00	Oui	Non	0,12	∅	11,28	Non	∅	∅
Pontet Sous Alluvial	17/06/2015	08h30	Oui	Non	∅	∅	3,02	Non	∅	∅
	18/06/2015	07h00	Oui	Non	∅	∅	5,79	Non	∅	∅
Pontet Sud	15/06/2015	11h00	Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
	2		Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
	3		Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
	4		Oui	Non	∅	∅	∅	Non	∅	∅
	5		Oui	Non	∅	∅	0,42	Non	∅	∅
	6		Oui	Non	∅	∅	8,42	Non	∅	∅
	7		Oui	Non	∅	∅	22,44	Non	∅	∅
	8		Oui	Non	∅	∅	18,89	Non	∅	∅
	9		Oui	Non	∅	∅	12,68	Non	∅	∅
	10		Oui	Non	∅	∅	9,78	Non	∅	∅
	11		Oui	Non	∅	∅	8,57	Non	∅	∅
	12		Oui	Non	∅	∅	7,81	Non	∅	∅

∅ Absence de colorant

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine (µg/L)	Analysé	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Abîme Valérie	28/06/2015	10h25	Oui	Non	0,16	∅	Oui	∅
	05/07/2015	10h00	Oui	Non	∅	∅	Oui	∅
Câble Amont	28/06/2015	10h05	Oui	Oui	0,06	∅	Oui	884,9
	13/07/2015	11h15	Oui	Oui	0,06	∅	Oui	56,9
	27/07/2015	15h50	Oui	Non	0,06	∅	Oui	41,3
Câble Aval	28/06/2015	09h50	Oui	Oui	0,10	0,08	Oui	935,2
Poubelle Haut	30/06/2015	09h20	Oui	Non	∅	1,18	Oui	∅
Poubelle Bas	15/07/2015	07h20	Oui	Non	∅	5,53	Oui	∅
	27/07/2015	07h15		Non	∅	0,56	Oui	∅
Pontet Sud	25/06/2015	4	Oui	Non	∅	1,47	Oui	∅
	25/06/2015	19	Oui	Non	0,10	1,04	Oui	∅
	15/07/2015	1	Oui	Non	∅	0,29	Oui	15,8
	15/07/2015	3	Non	Non			Oui	24,6
	15/07/2015	5	Oui	Oui	∅	0,38	Oui	47,2
	15/07/2015	7	Non	Oui			Oui	70,9
	15/07/2015	9	Oui	Oui	∅	0,36	Oui	106,7
	15/07/2015	12	Non	Oui			Oui	191,3
	30/07/2015	10	Non	Oui			Oui	106,3
	30/07/2015	18	Non	Oui			Oui	125,1
Ardèche Claire - RUOMS	01/07/2015	13h30	Oui	Non	∅	0,14	Non	

∅ Absence de colorant

Annexe 10 : Tableau de calcul des débits de l'Ardèche par ions majeurs

Sections	Débit (l/sec)
Ardèche AMONT-AVAL/ESTUGNES	115
Ardèche AMONT-AVAL/PONTET	156
Ardèche INTER-AVAL/PONTET	154
Ardèche AMONT-INTER/ESTUGNES	129
MOYENNE	139

Paramètres	Ardèche amont	Estugnes Nord	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	369,7	89,1	134	
Calcium (mg/l)	22	127	26	101	
Chlorures (mg/l)	4,1	7,6	4,3	155	
Moyenne (mg/l)				130	
Paramètres	Ardèche amont	Estugnes Sud	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	431,9	89,1	110	
Calcium (mg/l)	22	141	26	89	
Moyenne (mg/l)				99	115
Paramètres	Ardèche amont	Pontet Nord	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	308,7	89,1	171	
Calcium (mg/l)	22	96	26	146	
Chlorures (mg/l)	4,1	7,5	4,3	160	
Sulfates (mg/l)	7,5	24	8,2	113	
Magnésium (mg/l)	2,5	7,8	2,8	154	
Moyenne (mg/l)				149	
Paramètres	Ardèche amont	Pontet Sud	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	287,9	89,1	189	
Calcium (mg/l)	22	94	26	151	
Sulfates (mg/l)	7,5	20	8,2	152	
Moyenne (mg/l)				164	156
Paramètres	Ardèche intermédiaire	Pontet Nord	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	308,7	89,1	171	
Calcium (mg/l)	22	96	26	146	
Chlorures (mg/l)	4,2	7,5	4,3	80	
Sulfates (mg/l)	7,4	24	8,2	130	
Magnésium (mg/l)	2,5	7,8	2,8	154	
Moyenne (mg/l)				136	
Paramètres	Ardèche intermédiaire	Pontet Sud	Ardèche avale	Débit (l/sec)	
Bicarbonates (mg/l)	74,4	287,9	89,1	189	
Calcium (mg/l)	22	94	26	151	
Sulfates (mg/l)	7,4	20	8,2	174	
Moyenne (mg/l)				171	154

Annexe 11 : Données Météorologiques – Précipitations, température et Evapotranspiration (ETP) journalières à Vallon-Pont-d'Arc

DATE	ETP (mm/j)	P (mm/j)
01/03/2016	3,4	0
02/03/2016	2,5	0
03/03/2016	2,4	0
04/03/2016	0,5	6,8
05/03/2016	2,1	0,8
06/03/2016	1,8	0
07/03/2016	1,8	0
08/03/2016	2,9	0
09/03/2016	1	9,4
10/03/2016	2	0
11/03/2016	3,4	0
12/03/2016	3,3	0
13/03/2016	3,2	0
14/03/2016	2,4	0
15/03/2016	2,9	0
16/03/2016	0,9	15,2
17/03/2016	1,3	16,4
18/03/2016	2,1	0
19/03/2016	2,2	0
20/03/2016	1,3	0
21/03/2016	2,9	0
22/03/2016	4,5	0
23/03/2016	5,4	0
24/03/2016	4,9	0
25/03/2016	2,9	0
26/03/2016	3,3	0
27/03/2016	1,3	8,2
28/03/2016	1,4	0
29/03/2016	2,7	0
30/03/2016	1,8	0
31/03/2016	2,7	1,8
	77,2	58,6

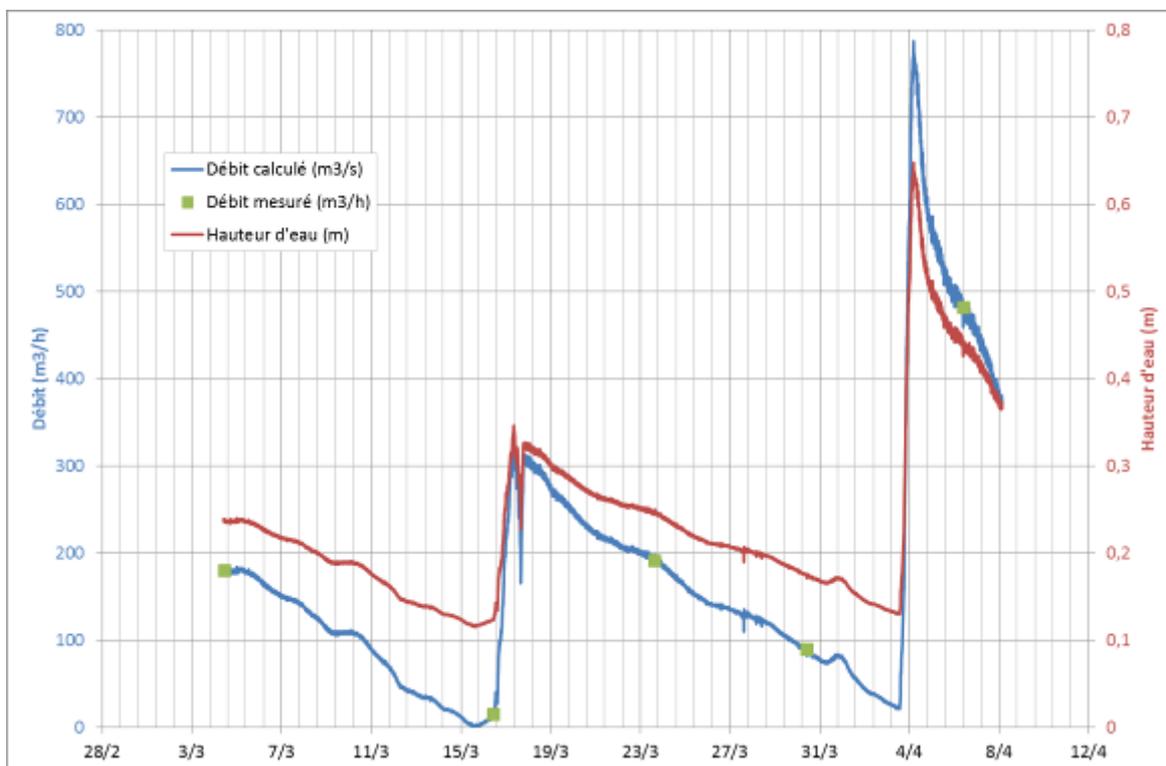
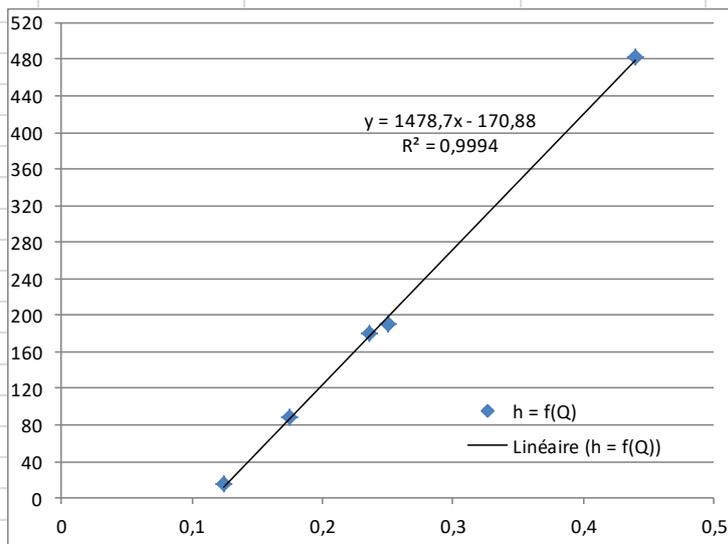
DATE	P (mm/j)
01/04/2016	1,8
02/04/2016	5,8
03/04/2016	44,6
04/04/2016	2,5
05/04/2016	1,9
06/04/2016	0
07/04/2016	0
08/04/2016	0
09/04/2016	0
10/04/2016	0
11/04/2016	0
12/04/2016	0
13/04/2016	3,6
14/04/2016	0
15/04/2016	0
16/04/2016	1,3
17/04/2016	8,6
18/04/2016	0
19/04/2016	0

Mars 2016 : données Météo-France

Avril 2016 : données Hydro-réel

Annexe 12 : Mesures de débit hebdomadaires à la source du Tiourre et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage

	Hauteur d'eau enregistrée par la sonde (m)	Débit mesuré (m3/h)
04/03/2016 11:10	0,236	180
16/03/2016 10:40	0,124	15
23/03/2016 15:30	0,25	191
30/03/2016 10:24	0,175	89
06/04/2016	0,44	482



Annexe 13 : Mesures de débits, conductivité, pH et températures aux points d'eau suivis

Rau du Barravon					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			446	10,4	
16/03/2016 08:50	2	7,2			
Ibrie pont submersible amont					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
16/03/2016 09:50					
23/03/2016 08:00			461	11,7	
30/03/2016 08:00			427	10,7	
06/04/2016 08:00			546		
13/04/2016 08:00			461	12,2	
Marichard					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
16/03/2016 09:05			433	9,5	
23/03/2016 08:35	5	18	515	11,7	
25/03/2016 14:15	20	72	510	11,9	
30/03/2016 08:45	0	0	439	10,6	
06/04/2016 09:30					
Entre Rives et Marichard					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			482	11,7	
16/03/2016 09:00	0,1	0,36	461	11,1	
23/03/2016 08:30			515	11,5	
25/03/2016 09:15	0,25	0,9	489	11,7	
30/03/2016 09:15					
06/04/2016 09:30					
Source de Rives					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016	300	1080	484	11,8	
09/03/2016 09:30	200	720	477	11,6	7
16/03/2016 08:30	160	576	459	11,3	6,9
23/03/2016 08:20	250	900			
25/03/2016 14:00	150	540	510	11,9	
30/03/2016 09:30	150	540	486	11,9	
06/04/2016 09:30					
Les Fées au niveau des émergences					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
23/03/2016 09:40	70		667	13,3	
25/03/2016 12:30	50		644	13,5	
30/03/2016 10:00			567	11,6	
06/04/2016 09:00			702		

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Pont de La combe					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016					
16/03/2016 11:30	0,5	1,8	535	12,5	
23/03/2016 11:50	1	3,6	557	12,6	
25/03/2016 14:50			553	12,6	
30/03/2016 12:00	1	3,6	556	12,5	
06/04/2016 11:00			562	12,7	
13/04/2016 11:15			575	12,6	
Source de la Confluence					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
16/03/2016 12:00	20	72	482	13	
23/03/2016 12:45			515	13,1	
25/03/2016 15:10			514	13,3	
30/03/2016 12:15			493	13,1	
06/04/2016 11:30					
13/04/2016 10:55			543	13,4	
Source Carrefour					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			476	12	
16/03/2016 10:15	20	72	465	11,8	
23/03/2016 10:20	25	90	510	11,9	
25/03/2016 12:50	30	108	509	12,2	
30/03/2016 10:30	20	72	492	12	
06/04/2016 09:00			565		
Source Pracoutel					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			477	11,9	
16/03/2016 10:30	40	144	463	11,6	
23/03/2016 10:40	70	252	507	11,8	
25/03/2016 10:40	50	180	506	12	
30/03/2016 11:00	65	234	489	11,9	
06/04/2016 08:30	95	342	572		
13/04/2016 11:30	80	288	542	12,5	
Source de l'île					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
16/03/2016 11:45	20	72	468	12,3	
23/03/2016 12:15			508	12,4	
25/03/2016 15:20			486	12,6	
30/03/2016 12:30			485	12,5	
06/04/2016 11:15					
13/04/2016 11:00			545	13	

Tunnels					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			490	13,3	
25/03/2016 15:45			453	12,3	
Captage du Bœuf					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
30/03/2016			507	10,9	
Source du Bœuf Amont					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
30/03/2016			504	12,3	
Source du Bœuf Aval					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
30/03/2016			503	12,2	
Tiourre					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
30/03/2016			585	13,5	
Even de l'ibie					
	Débit (l/s)	Débit (m3/h)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016			568	13,9	6,9

Annexe 14 : Niveaux d'eau, conductivité, pH et température relevés au forage de M. Divol

	Niveau d'eau (m/PVC)	Niveau d'eau (m NGF)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)	pH
03/03/2016 00:00	8,92	86,08			
09/03/2016 15:00	9,02	85,98	551	12,5	7,23
16/03/2016 10:30	9,78	85,22			
23/03/2016 11:00	8,948	86,052	583	12,7	
30/03/2016 11:15	9,1	85,9	579	12,5	
06/04/2016 10:00	9,198	85,802	610		
13/04/2016 08:10	8,808	86,192			
13/04/2016 11:00			607		

Annexe 15 : Prélèvements journaliers aux captages d'eau potable du Bœuf (source : Suez) et du Tiourre (source : Veolia)

Captage du Bœuf		Captage du Tiourre	
Date	Volume prélevé (m3/j)	Date	Volume prélevé (m3/j)
04/03/2016	1	01/03/2016	473
05/03/2016	191	02/03/2016	473
06/03/2016	106	03/03/2016	472
07/03/2016	99	04/03/2016	473
08/03/2016	88	05/03/2016	473
09/03/2016	124	06/03/2016	473
10/03/2016	80	07/03/2016	473
11/03/2016	110	08/03/2016	473
12/03/2016	143	09/03/2016	472
13/03/2016	85	10/03/2016	472
14/03/2016	130	11/03/2016	472
15/03/2016	35	12/03/2016	472
16/03/2016	202	13/03/2016	472
17/03/2016	131	14/03/2016	472
18/03/2016	189	15/03/2016	472
19/03/2016	89	16/03/2016	472
20/03/2016	0	17/03/2016	472
21/03/2016	0	18/03/2016	472
22/03/2016	0	19/03/2016	471
23/03/2016	0	20/03/2016	471
24/03/2016	0	21/03/2016	471
25/03/2016	1281	22/03/2016	472
26/03/2016	367	23/03/2016	472
27/03/2016	486	24/03/2016	471
28/03/2016	338	25/03/2016	472
29/03/2016	277	26/03/2016	472
30/03/2016	199	27/03/2016	453
31/03/2016	209	28/03/2016	473
01/04/2016	197	29/03/2016	472
02/04/2016	199	30/03/2016	472
03/04/2016	137	31/03/2016	472
04/04/2016	171	01/04/2016	472
05/04/2016	145	02/04/2016	472
06/04/2016	118	03/04/2016	472
07/04/2016	147	04/04/2016	474
08/04/2016	0	05/04/2016	474
09/04/2016	818	06/04/2016	474
10/04/2016	485	07/04/2016	474
11/04/2016	948	08/04/2016	474
12/04/2016	329	09/04/2016	473
13/04/2016	417	10/04/2016	473
14/04/2016	412	11/04/2016	473
15/04/2016	393	12/04/2016	474
16/04/2016	443	13/04/2016	473
17/04/2016	441	14/04/2016	474
18/04/2016	734	15/04/2016	474
19/04/2016	307	16/04/2016	473
20/04/2016	484	17/04/2016	473
		18/04/2016	473
		19/04/2016	470
		20/04/2016	466

problème de communication entre la reprise de Salavas et la source, d'où un arrêt de pompage du 18 au 24/03

Annexe 16: Résultats d'analyse des fluocapteurs

Identification de la présence de fluorescéine par spectrométrie de luminescence

Ibie amont Rives

Fluocapteur posé le 16/03/2016 et retiré le 30/03/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

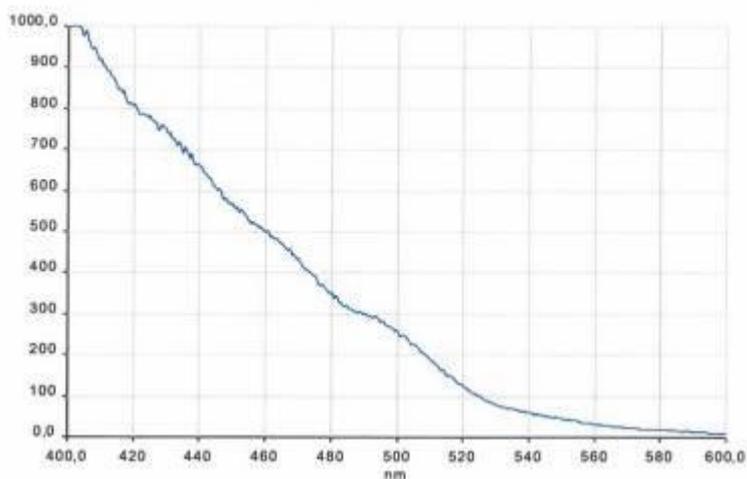
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 15/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Ibie » du 30/03/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Ibie, relevé le 30/03/16, ne présente aucun pic de colorant.



Source entre Rives et Marichard

Fluocapteur posé le 03/03/2016 et retiré le 30/03/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER -- LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

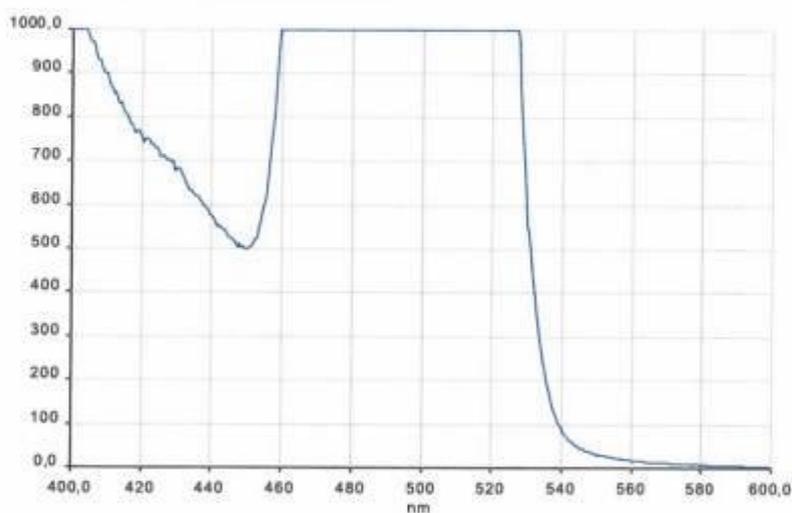
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 15/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Source au dessus de rives » du 30/03/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLOURESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Source au dessus de rives, relevé le 30/03/16, présente un pic saturé de Fluorescéine.



Source entre Rives et Marichard

Fluocapteur posé le 30/03/2016 et retiré le 06/04/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

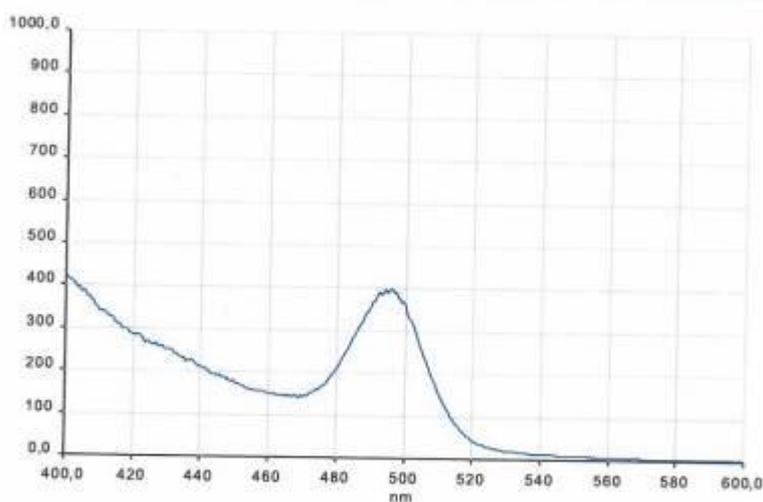
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 15/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Rive aval » du 06/04/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Rive aval, relevé le 06/04/16, présente un pic de Fluorescéine.



Source Marichard

Fluocapteur posé le 03/03/2016 et retiré le 30/03/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

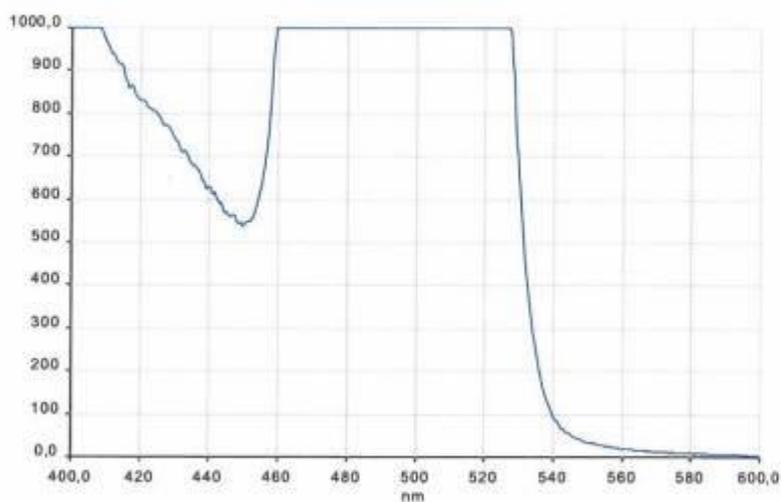
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 15/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Sous Marichard** » du 30/03/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLOURESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Sous Marichard**, relevé le 30/03/16, présente un pic saturé de Fluorescéine.



Source Marichard

Fluocapteur posé le 30/03/2016 et retiré le 06/04/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

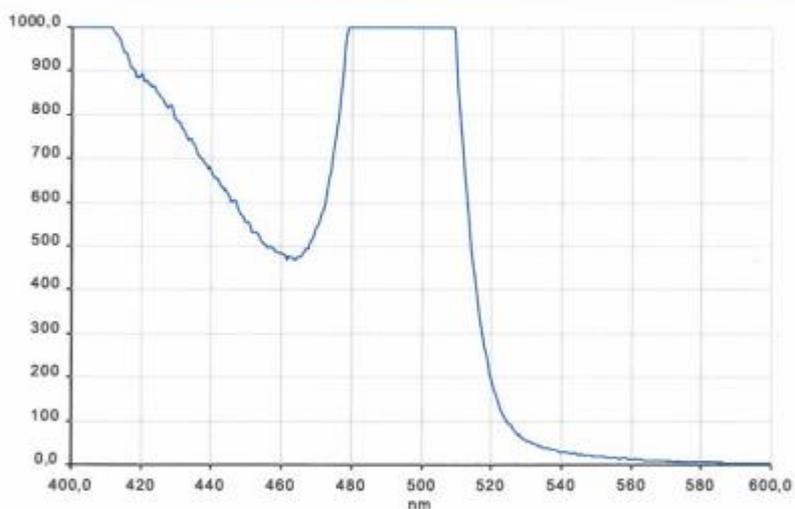
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 15/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Rive amont » du 06/04/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Rive amont, relevé le 06/04/16, présente un pic saturé de Fluorescéine.



Source du Pont de la Combe

Fluocapteur posé le 09/03/2016 et retiré le 13/04/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

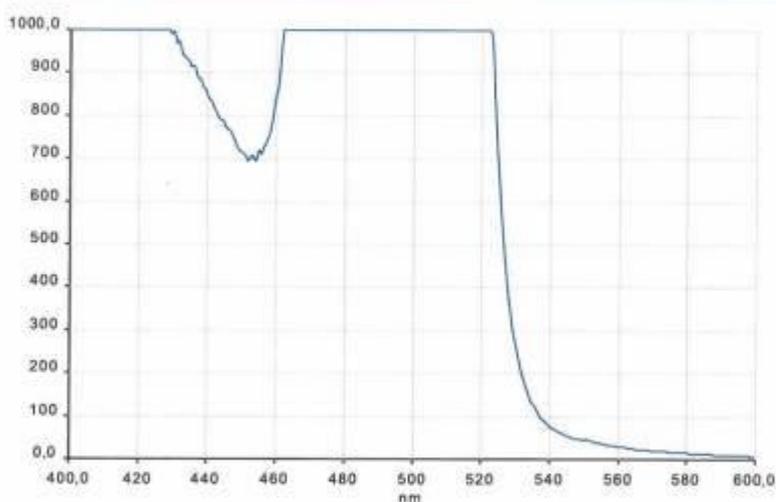
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 21/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Pont de la Combe » du 13/04/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Pont de la Combe, relevé le 13/04/16, présente un pic saturé de Fluorescéine.



Source de la Confluence

Fluocapteur posé le 03/03/2016 et retiré le 13/04/2016

IDENTIFICATION DE COLORANTS FLUORESCENTS
PAR SPECTOMETRE DE LUMINESCENCE
(PERKIN ELMER – LS 50 B)

DEMANDEUR : IDEES EAUX 26

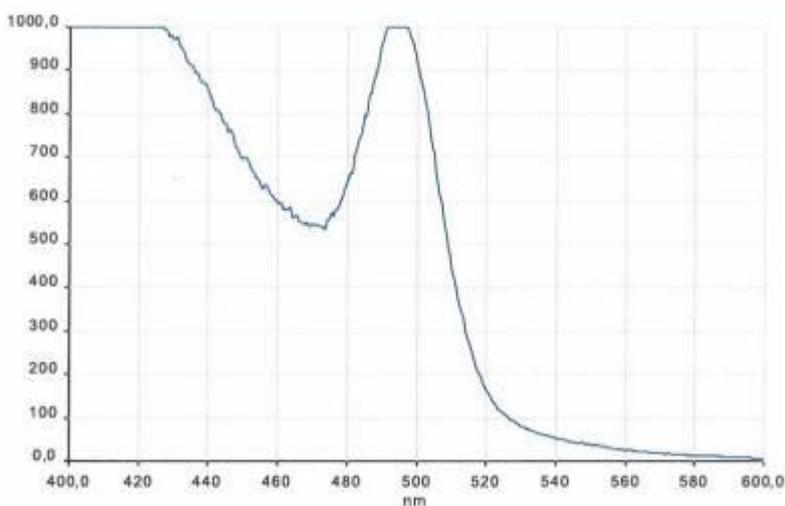
Etude : IBIE - JG-140707-EHY

Opérateur : Claire PEIGNEY

Date d'analyse : 21/04/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Confluence » du 13/04/16

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLOURESCENCE

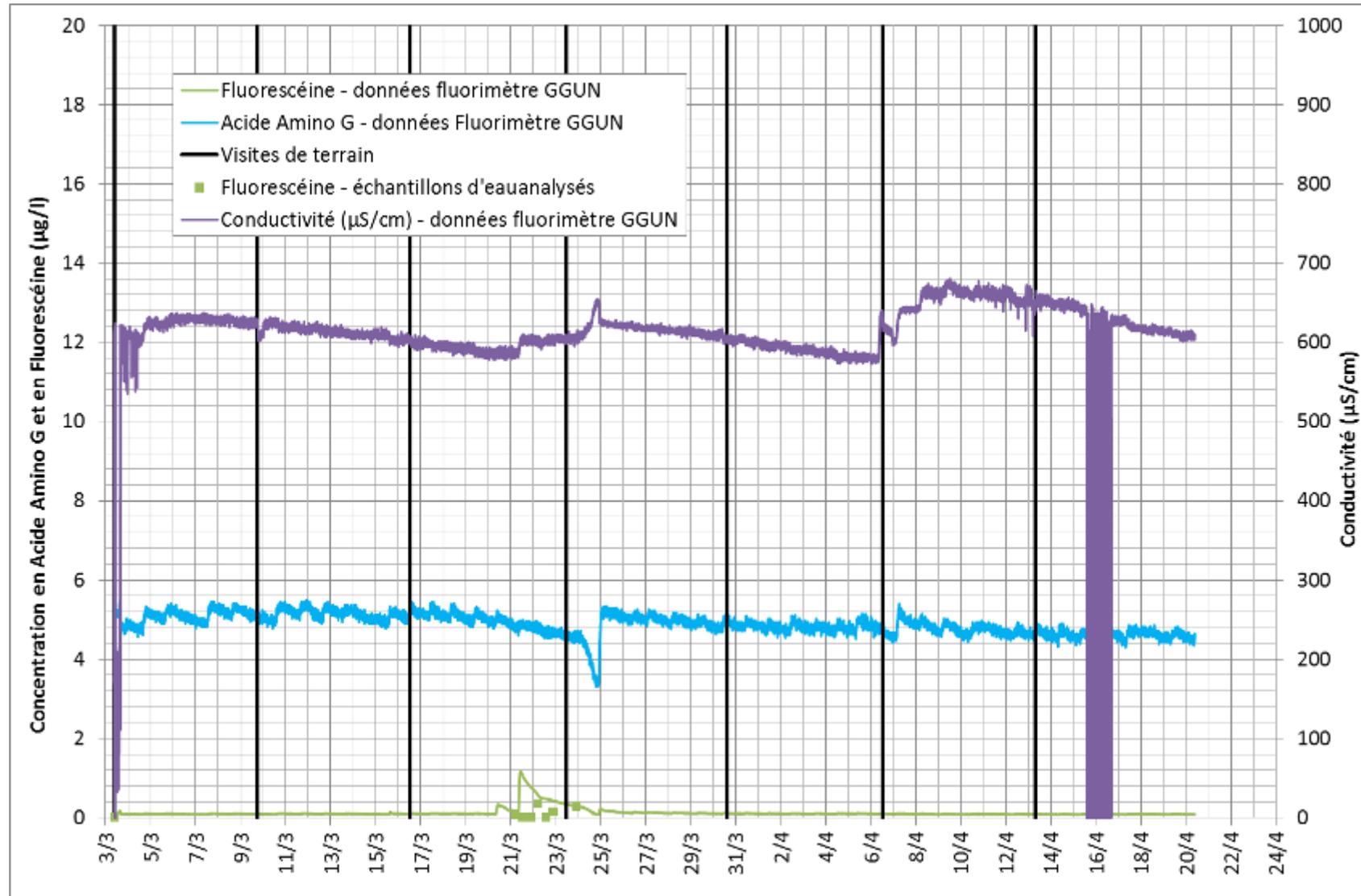


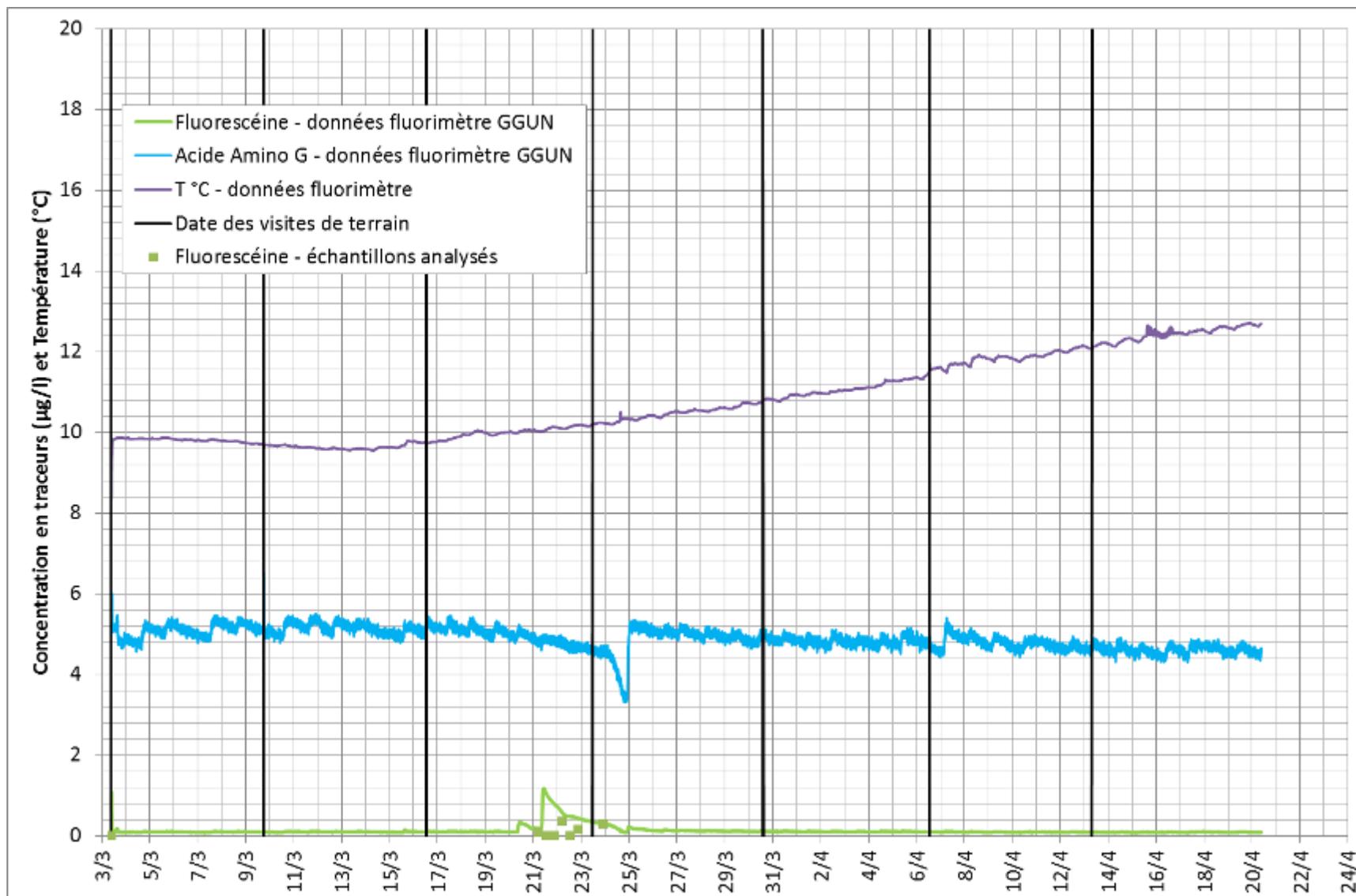
B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Confluence, relevé le 13/04/16, présente un pic saturé de Fluorescéine.

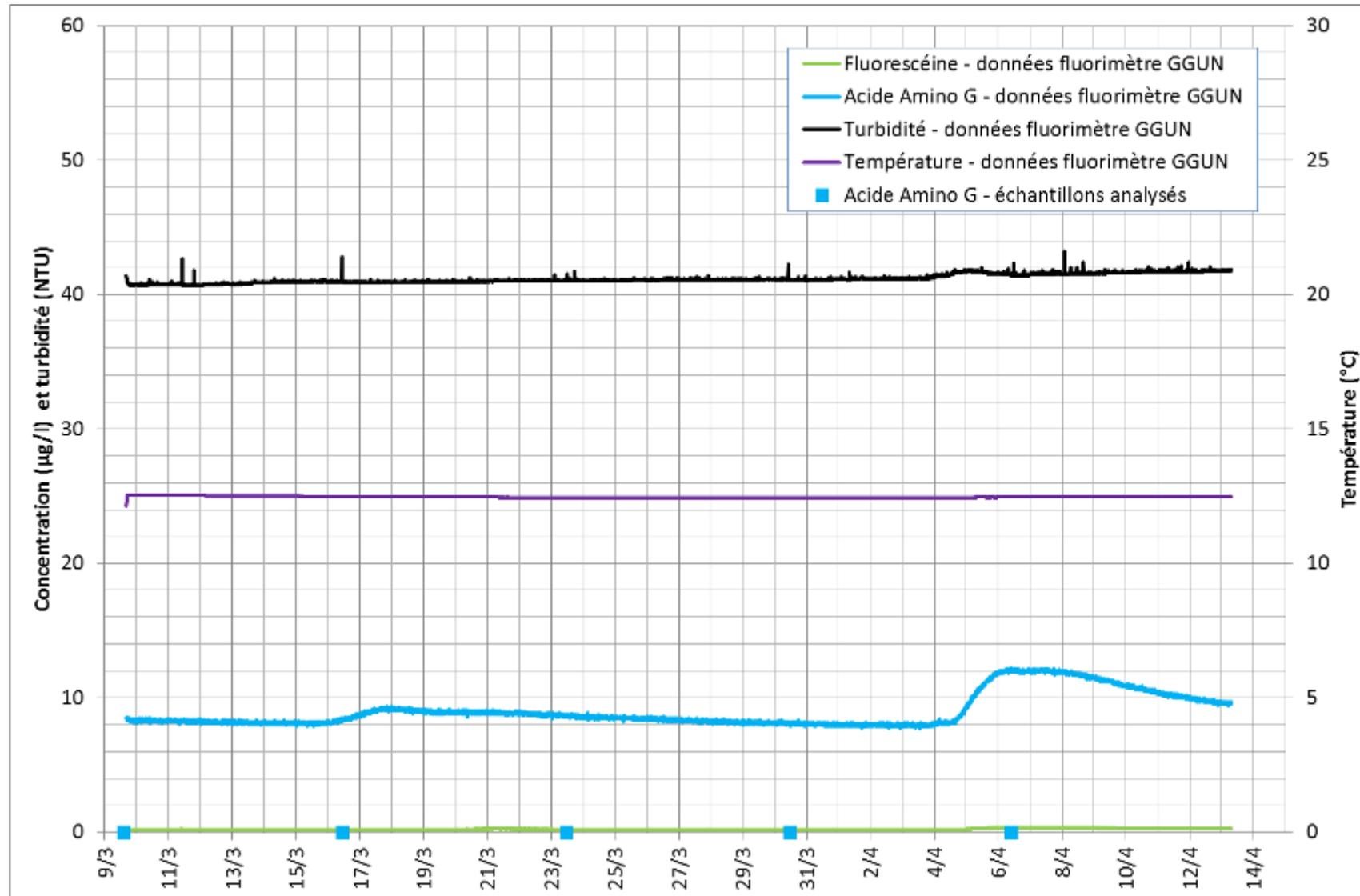


Annexe 17: Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au captage du Bœuf

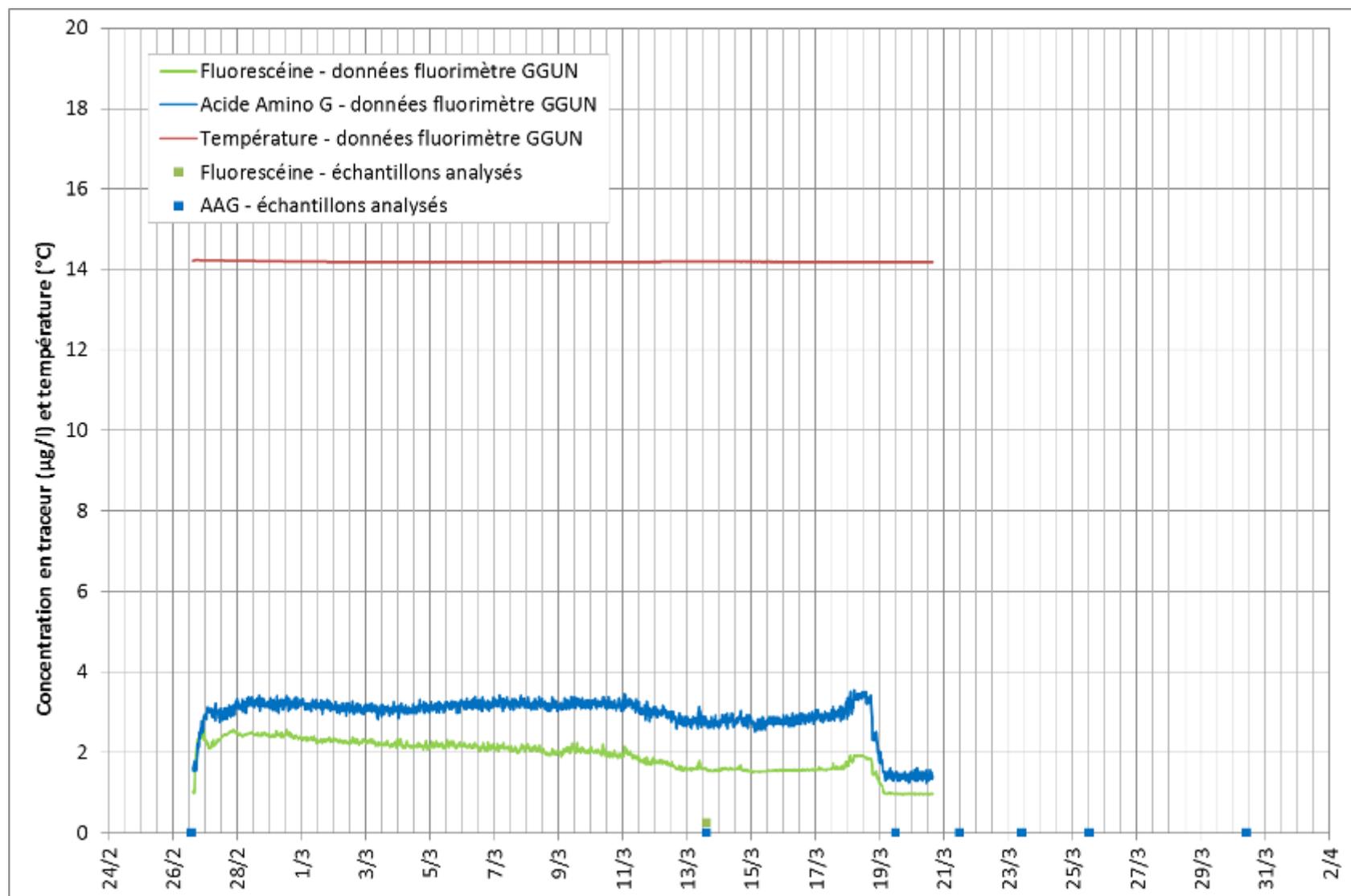




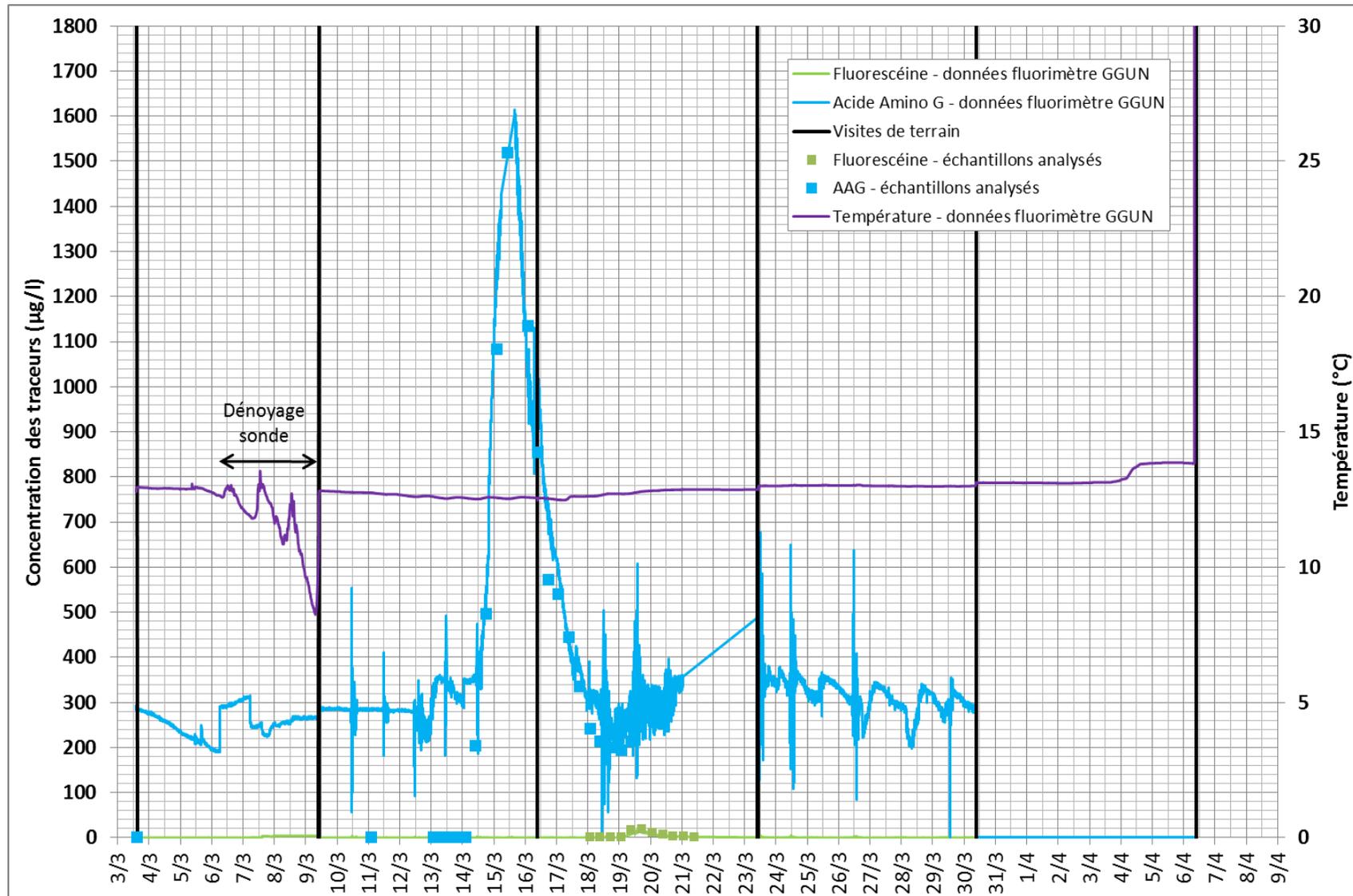
Annexe 18 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au forage de M. Divol



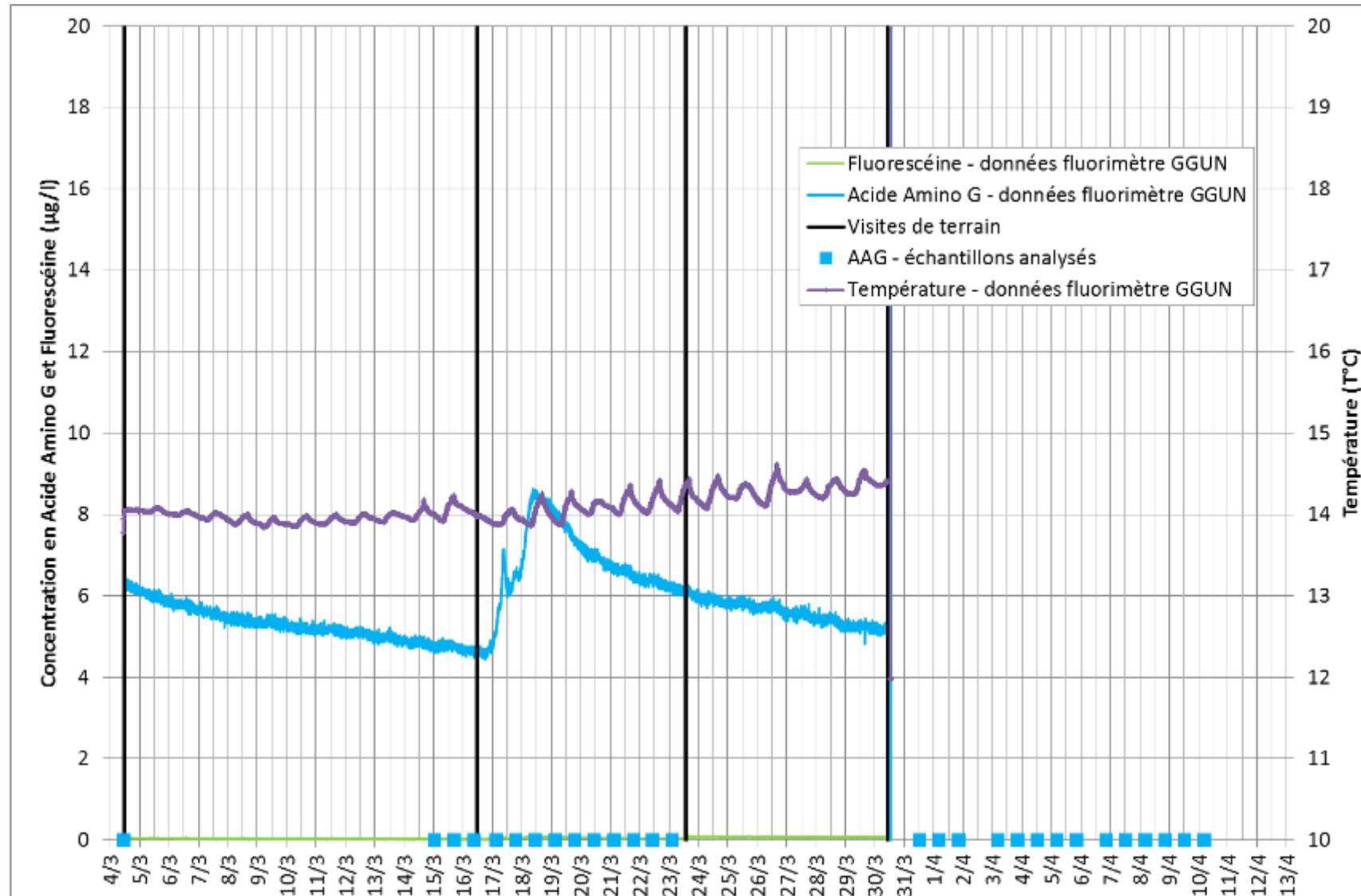
Annexe 19 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à l'aven des Fées



Annexe 20 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Rives



Annexe 21 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au captage du Tiourre



Annexe 22 : Résultats des échantillons d'eau analysés par spectromètre de luminescence en laboratoire – concentrations en fluorescéine et acide amino G

IBIE AMONT RIVE						
	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
23/03/2016 08:00	OUI	NON	0	NON		
RIVE						
	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 14:45	OUI	NON	0	OUI	NON	0
11/03/2016 02:10	NON			OUI	NON	0
13/03/2016 02:10	NON			OUI	NON	0
13/03/2016 10:10	NON			OUI	NON	0
13/03/2016 18:10	NON			OUI	NON	0
14/03/2016 02:10	NON			OUI	NON	0
14/03/2016 10:10	NON			OUI	NON	203,2
14/03/2016 18:10	NON			OUI	OUI	497
15/03/2016 02:10	NON			OUI	OUI	1083
15/03/2016 10:10	NON			OUI	OUI	1519
16/03/2016 02:10	NON			OUI	OUI	1135
16/03/2016 09:35	NON			OUI	NON	854,2
16/03/2016 17:35	NON			OUI	NON	571,2
17/03/2016 01:35	NON			OUI	NON	540,7
17/03/2016 09:35	NON			OUI	NON	444,2
17/03/2016 17:35	NON			OUI	NON	336
18/03/2016 01:35	OUI	NON	0	OUI	NON	242,3
18/03/2016 09:35	OUI	NON	0	OUI	NON	213,8
18/03/2016 17:35	OUI	NON	0	OUI	NON	200,2
19/03/2016 01:35	OUI	NON	0,5	OUI	NON	193,5
19/03/2016 09:35	OUI	OUI	17	OUI	NON	214,2
19/03/2016 17:35	OUI	OUI	17,9	NON		
20/03/2016 01:35	OUI	OUI	11,8	NON		
20/03/2016 09:35	OUI	OUI	6,4	NON		
20/03/2016 17:35	OUI	NON	3	NON		
21/03/2016 01:35	OUI	NON	2,8	NON		
21/03/2016 09:35	OUI	NON	1,3	NON		

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

AVEN DES FEES						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
26/02/2016 14:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
13/03/2016 15:00	OUI	NON	0,26	OUI	NON	0
19/03/2016 12:00	NON			OUI	NON	0
21/03/2016 12:00	NON			OUI	NON	0
23/03/2016 10:00	NON			OUI	NON	0
25/03/2016 12:30	NON			OUI	NON	0
30/03/2016 10:15	NON			OUI	NON	0
FEES S3						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
04/04/2016 16:00	NON			OUI	NON	0
FEES RESURGENCE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
06/04/2016 09:00	NON			OUI	NON	0
GROTTE DU RAID						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
02/03/2016 11:30	OUI	OUI	0	OUI	NON	0
DIVOL						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
09/03/2016 14:30	OUI	NON	0	OUI	NON	0
16/03/2016 11:00	NON			OUI	NON	0
23/03/2016 11:30	NON			OUI	NON	0
30/03/2016 11:30	NON			OUI	NON	0
06/04/2016 10:00	NON			OUI	NON	0
PONT DE LACOMBE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
16/03/2016 11:33	NON	NON	0	OUI	NON	0
23/03/2016 12:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
30/03/2016 12:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
06/04/2016 11:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0

PRACOUTEL						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 11:30	OUI	NON	0,47	OUI	NON	0
13/03/2016 17:45	OUI	NON		OUI	NON	0
16/03/2016 10:27	OUI	NON		OUI	NON	46,02
18/03/2016 14:00	OUI	NON	0	OUI	NON	12,4
21/03/2016 11:00	OUI	OUI	5,11	OUI	NON	240
23/03/2016 10:40	OUI	NON	1,06	OUI	NON	213
25/03/2016 12:40	OUI	NON	0,45	OUI	NON	0
28/03/2016 12:15	OUI	NON	0,27	OUI	NON	0
30/03/2016 11:00	OUI	NON	0,23	NON		
03/04/2016 10:20	OUI	NON	0,11	OUI	NON	0
CARREFOUR						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 11:40	OUI	NON	0	OUI	NON	0
13/03/2016 17:45	NON	NON		OUI	NON	0
16/03/2016 16:45	NON	NON		OUI	NON	19,13
18/03/2016 14:00	OUI	NON	0,09	OUI	NON	338
21/03/2016 11:10	OUI	NON	7,37	OUI	NON	215
23/03/2016 10:20	OUI	NON	1,25	OUI	NON	215
25/03/2016 12:50	OUI	NON	1,43	OUI	NON	180
28/03/2016 12:40	OUI	NON	0,25	OUI	NON	0
30/03/2016 10:30	OUI	NON	0,2	OUI	NON	0
03/04/2016 10:10	OUI	NON	0,13	NON		
CONFLUENCE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 11:00	OUI	OUI	70,62	OUI	NON	0
13/03/2016 10:00	NON	NON		OUI	NON	0
16/03/2016 12:20	NON	NON		OUI	NON	24,12
23/03/2016 12:40	OUI	NON	1	OUI	NON	0
25/03/2016 15:10	OUI	NON	0,51	OUI	NON	0
28/03/2016 12:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
30/03/2016 12:15	OUI	NON	0,16	OUI	NON	0
03/04/2016 11:00	OUI	NON	0,11	OUI	NON	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

SOURCE DE L'ILE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 10:15	OUI	NON	0	OUI	NON	0
25/03/2016 15:20	NON			OUI	NON	0
30/03/2016 12:30	NON			OUI	NON	0
TUNNELS						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 14:45	OUI	NON	0	OUI	NON	0
14/03/2016 17:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
16/03/2016 11:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
18/03/2016 14:45	NON			OUI	NON	0
21/03/2016 15:00	NON			OUI	NON	0
23/03/2016 14:00	NON			OUI	NON	0
28/03/2016 10:00	NON			OUI	NON	0
03/04/2016 18:30	NON			OUI	NON	0
BŒUF PRELEVEUR						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 10:00	oui	non	0	oui	non	0
21/03/2016 05:32	oui	non	0,08	non		
21/03/2016 13:32	oui	non	0	non		
21/03/2016 21:32	oui	non	0	non		
22/03/2016 05:32	oui	non	0,35	non		
22/03/2016 13:32	oui	non	0	non		
22/03/2016 21:32	oui	non	0,15	non		
23/03/2016 22:00	oui	non	0,28	non		
BŒUF SOURCE AVAL						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 10:00	oui	non	0	oui	non	0
PUITS DE MEZENC						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
04/03/2016 14:00	OUI	NON	0	OUI	NON	0
16/03/2016 08:50	OUI	NON	0,09	OUI	NON	0
23/03/2016 09:38	NON			OUI	NON	0
30/03/2016 15:50	NON			OUI	NON	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

TIOURRE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
04/03/2016 11:10	OUI	NON	0	OUI	NON	0
15/03/2016 00:55	NON	NON		OUI	NON	0
15/03/2016 16:55	NON	NON		OUI	NON	0
16/03/2016 08:55	NON	NON		OUI	NON	0
17/03/2016 02:48	NON	NON		OUI	NON	0
17/03/2016 18:48	NON	NON		OUI	NON	0
18/03/2016 10:48	NON	NON		OUI	NON	0
19/03/2016 02:48	NON	NON		OUI	NON	0
19/03/2016 18:48	NON	NON		OUI	NON	0
20/03/2016 10:48	NON	NON		OUI	NON	0
21/03/2016 02:48	NON	NON		OUI	NON	0
21/03/2016 18:48	NON	NON		OUI	NON	0
22/03/2016 10:48	NON	NON		OUI	NON	0
23/03/2016 02:48	NON	NON		OUI	NON	0
31/03/2016 12:33	NON	NON		OUI	NON	0
01/04/2016 04:33	NON	NON		OUI	NON	0
01/04/2016 20:33	NON	NON		OUI	NON	0
02/04/2016 12:33	NON	NON		OUI	NON	166
03/04/2016 04:33	NON	NON		OUI	NON	0
03/04/2016 20:33	NON	NON		OUI	NON	0
04/04/2016 12:33	NON	NON		OUI	NON	0
05/04/2016 04:33	NON	NON		OUI	NON	0
05/04/2016 20:33	NON	NON		OUI	NON	0
06/04/2016 20:57	NON	NON		OUI	NON	0
07/04/2016 12:57	NON	NON		OUI	NON	0
08/04/2016 04:57	NON	NON		OUI	NON	0
08/04/2016 20:57	NON	NON		OUI	NON	0
09/04/2016 12:57	NON	NON		OUI	NON	0
10/04/2016 04:57	NON	NON		OUI	NON	0
EVEN DE L'IBIE						
Date	Analysé	Dilué	Concentration en fluorescéine (µg/l)	Analysé	Dilué	Concentration en AAG (µg/l)
03/03/2016 10:15	OUI	NON	0,1	OUI	NON	0
15/03/2016 17:30	OUI	NON	0	OUI	NON	0

Annexe 23 : Données Météorologiques – Précipitations journalières à Rosières :

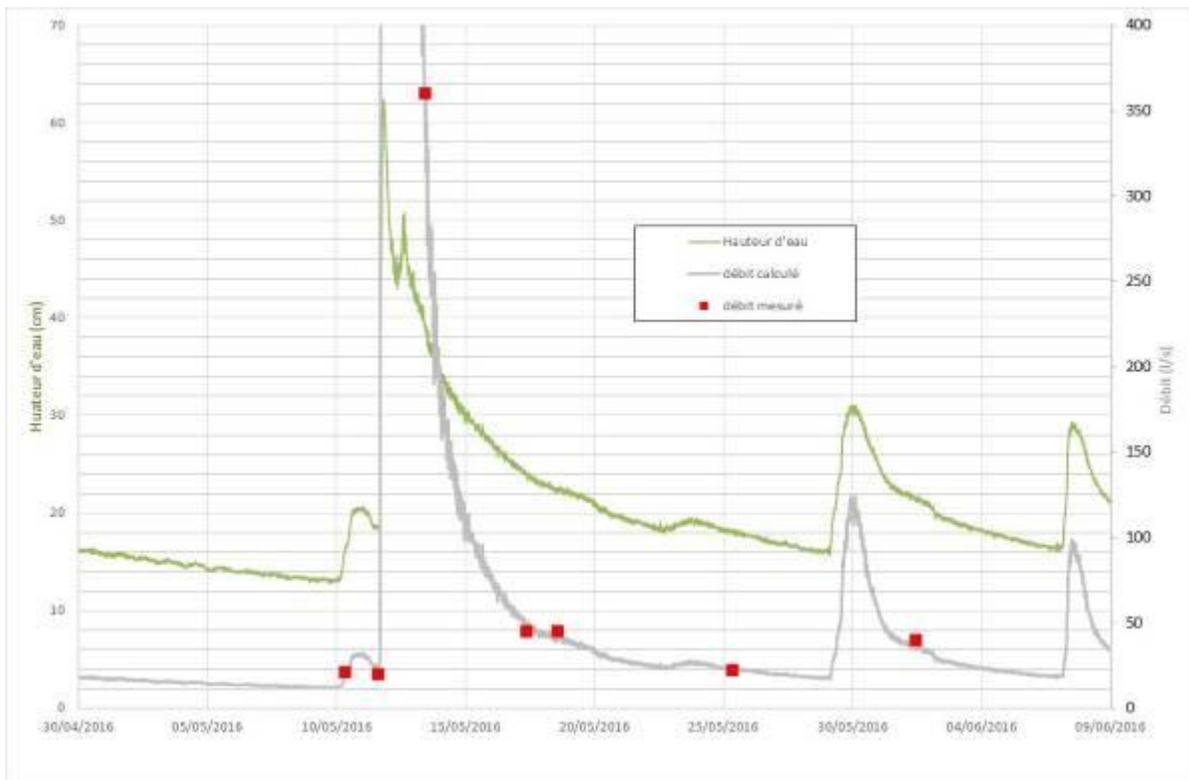
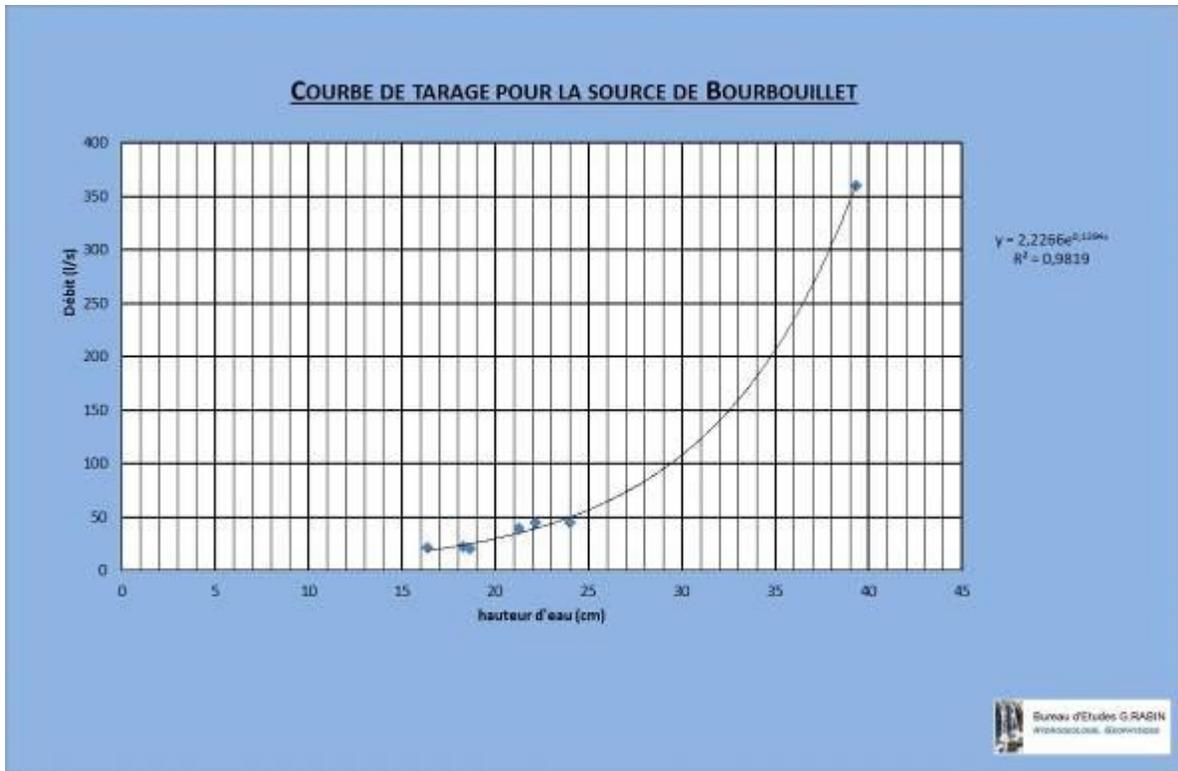
Date	Pluviométrie mm/j
27/04/2016	0,5
28/04/2016	
29/04/2016	
30/04/2016	1,5
01/05/2016	
02/05/2016	
03/05/2016	
04/05/2016	
05/05/2016	
06/05/2016	
07/05/2016	
08/05/2016	8
09/05/2016	10
10/05/2016	25
11/05/2016	60,5
12/05/2016	0,5
13/05/2016	2
14/05/2016	
15/05/2016	
16/05/2016	
17/05/2016	
18/05/2016	9,5
19/05/2016	
20/05/2016	
21/05/2016	
22/05/2016	16,5
23/05/2016	
24/05/2016	
25/05/2016	
26/05/2016	
27/05/2016	
28/05/2016	2,5
29/05/2016	26
30/05/2016	
31/05/2016	
01/06/2016	6,5
02/06/2016	
03/06/2016	
04/06/2016	3
05/06/2016	
06/06/2016	
07/06/2016	17
08/06/2016	
09/06/2016	
10/06/2016	
11/06/2016	0,5
12/06/2016	
13/06/2016	
14/06/2016	0,5
15/06/2016	2,5
16/06/2016	15,5
17/06/2016	
18/06/2016	
19/06/2016	
20/06/2016	
21/06/2016	
22/06/2016	

Annexe 24 : Synthèse des débits mesurés ou estimés (l/s) au niveau des points de contrôle :

Q=l/s	Bourbouillet	Ranc d'Avene	Fontenille	Aigues de Bosc	Font-Mejeanne	Event des Cascades	Espeluche	Tirbirou	Bourgene	RU Fontaines
23/03/2016				1	15	1			50	
02/05/2016			0,25							
04/05/2016										
06/05/2016										
08/05/2016					12					
10/05/2016	21									
11/05/2016	20									
12/05/2016	2250	400		3	80	40		100		
13/05/2016	360			3	50	10	15			
14/05/2016										
17/05/2016	45	64		0,5	13,5	1,2			4	780
18/05/2016	45		130							
19/05/2016			50							
22/05/2016		2								
23/05/2016		7							0	
25/05/2016	22,1	7,47		0,25	5					748,8
30/05/2016										738,2
01/06/2016	39,6	32,6		0,05						
21/06/2016										660

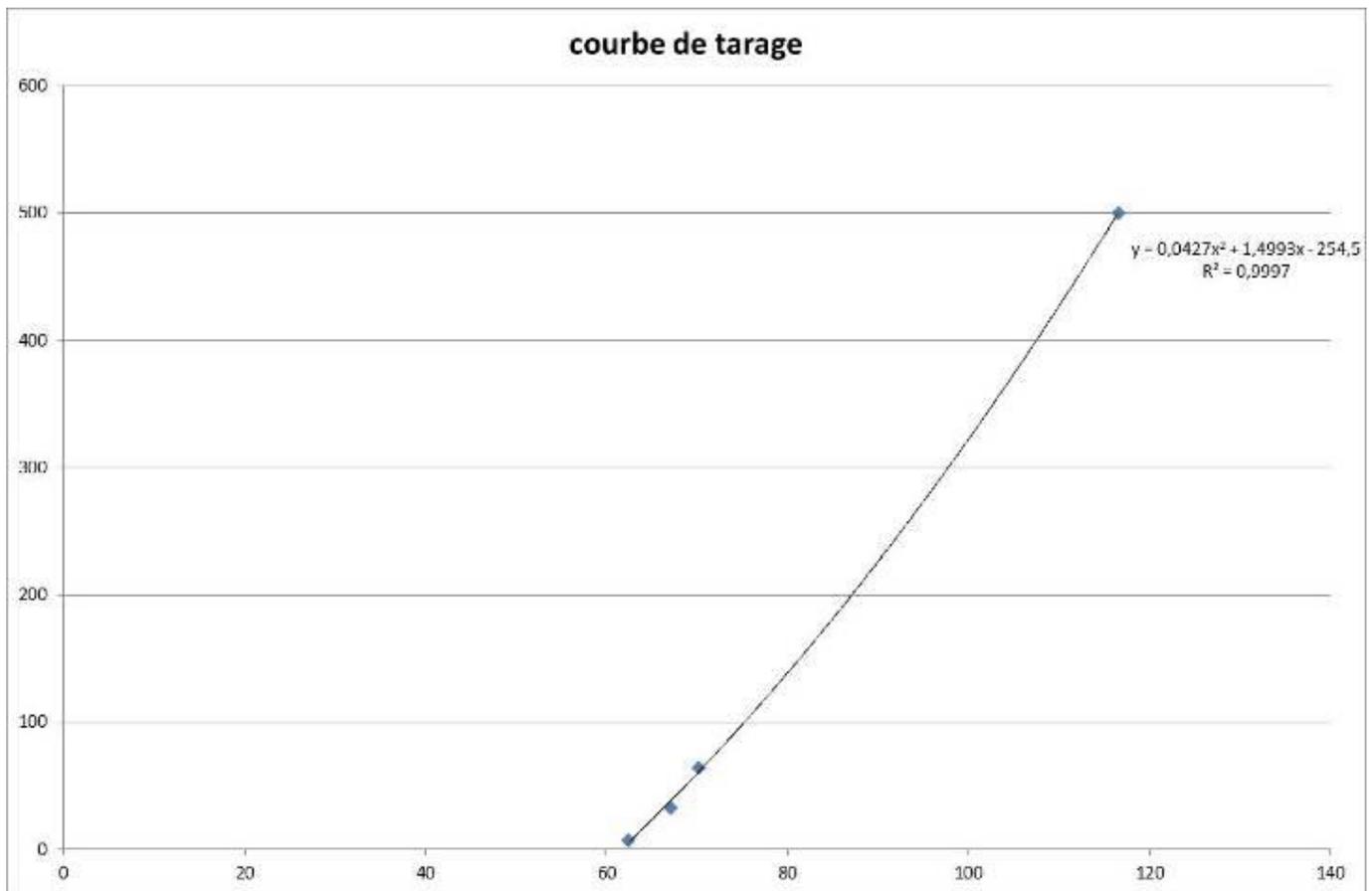
Annexe 25 : Mesures de débit hebdomadaires à la source de Bourbouillet et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage

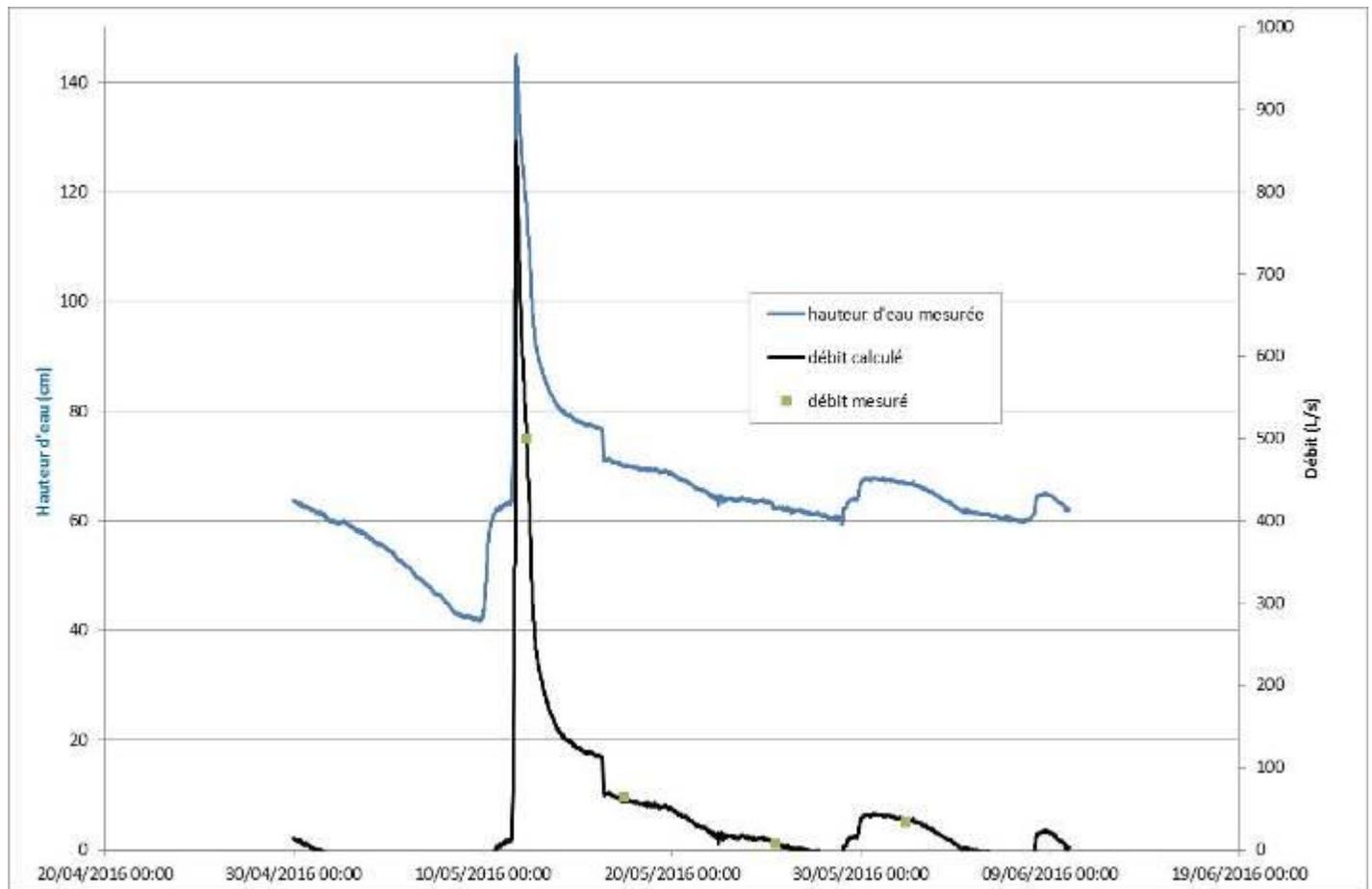
UT	Débit L/s	Hauteur d'eau (cm)
10/05/2016	21	16,39
11/05/2016	20	18,62
13/05/2016	360	39,31
17/05/2016	45	24,01
18/05/2016	45	22,17
25/05/2016	22,1	18,26
01/06/2016	39,6	21,29



Annexe 26 : Mesures de débit hebdomadaires à la source de Ranc d'Avène et reconstitution de la chronique de débit au pas de temps 5 min à partir des hauteurs d'eau enregistrées par le capteur de pression installé près de la section de jaugeage

UT	débit (L/s)	Hauteur d'eau (cm)
12/05/2016 07:49	500	116,54
17/05/2016 11:00	64	70,13
25/05/2016 11:00	7,5	62,44
01/06/2016 08:30	32,64	67,05





Annexe 27 : Mesures de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et température ($^{\circ}\text{C}$) ponctuelles :

	date	conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Température ($^{\circ}\text{C}$)
Forage F1 Gerbial	10/05/2016	283	13,5
	11/05/2016	263	15,1
	13/05/2016	273	14
	17/05/2016	269	14,3
	18/05/2016	273	13,9
	19/05/2016	274,4	14,3
	23/05/2016	270	14,2
	25/05/2016	274	13,5
	30/05/2016	259	14,6
Ruisseau des Fontaines	21/01/2016	292	13
	02/05/2016	280	12,8
	10/05/2016	257	12,7
	11/05/2016	251	12,7
	17/05/2016	293	13,4
	18/05/2016	295	13,2
	23/05/2016	280	12,9
	25/05/2016	280	13
	30/05/2016	261	13,1
	01/06/2016	265	13,1
	06/06/2016	278	13,5
Puits des Fontaines	17/05/2016	279	12,9
	23/05/2016	290	13,4
	25/05/2016	292	13,1
	30/05/2016	274	13,5
Source RG de Grospierres	17/05/2016	301	13
	23/05/2016	289	12,9
	25/05/2016	280	13
	30/05/2016	259	13,2
	06/06/2016	283	13,2
Source RD de Grospierres	30/05/2016	260	13,2
Moulin de Tarasque	25/05/2016	271	13,5
Puits P5 (Gerbial)	17/05/2016	315	13,5
	23/05/2016	306	13
	25/05/2016	306	13,1
	30/05/2016	306	13
Puits P3 (Gerbial)	17/05/2016	400	12,6
	23/05/2016	349	12,7
	25/05/2016	343	12,7
	30/05/2016	338	12,7
Bourbouillet	Suivi en continu par sonde Reefnet ou CTD		
Ranc D'avene			
Puits Pelouse			
Fontenille			
Chassezac Amont			

Annexe 28 : tableau de calcul de la masse de Fluorescéine restituée au Ruisseau des Fontaines

Ruisseau des Fontaines: Estimation sur la seule base des analyses d'eau pratiquées par le laboratoire Sciences Environnement				
Estimation de la restitution de la Fluorescéine				
	A	B	C= A*B	Intégration de la courbe de C en fonction du temps
Date	Fluorescéine (µg/L)	débit ponctuel (l/s)	débit*concentration en fluorescéine (µg/s)	
17/05/2016 16:00	0	785	0	0,75 kg
19/05/2016 12:19	0	760	0	
21/05/2016 12:19	0	760	0	
22/05/2016 16:00	0	760	0	
23/05/2016 17:25	1,48	760	1124,8	
25/05/2016 12:30	1,58	748,8	1183,104	
27/05/2016 14:19	1	740	740	
29/05/2016 14:19	0,74	738,2	546,268	
01/06/2016 06:19	0,42	720	302,4	
06/06/2016 14:50	0,18	700	126	
10/06/2016 08:00	0,06	680	40,8	

Annexe 29 : tableau de calcul des masses de Sulforhodamine B et d'Acide Amino G restituées à la source de Bourbouillet

Source de Bourbouillet: Estimation sur la seule base des analyses d'eau pratiquées par le laboratoire Sciences Environnement							
Estimation de la restitution de la Sulforhodamine B				Estimation de la restitution de l'Acide Amino G			
	A	B	C = A*B	Intégration de la courbe de C en fonction du temps	D	E = A*D	Intégration de la courbe de E en fonction du temps
UT	Débit (L/s)	Sulforhodamine B (µg/l)	Sulforhodamine B* Débit (µg/s)		AAG (µg/l)	AAG*débit (µg/s)	
02/05/2016 10:00		0	0	2,6 kg	0		3,1 kg
11/05/2016 08:30			0		0	0	
11/05/2016 16:37	124,724806	0	0		14,73	1837,196392	
12/05/2016 00:37	3000	8,9	26700		35,18	105540	
12/05/2016 08:35	2500	5,16	12900		0	0	
13/05/2016 00:37	800	10,27	8216		0	0	
13/05/2016 09:40	360	27,33	9838,8		0	0	
13/05/2016 16:37	280	36,13	10116,4			0	
14/05/2016 00:37	180	14,7	2646			0	
14/05/2016 08:37	148	14,37	2126,76			0	
15/05/2016 00:37	105,4	11,31	1192,074			0	
15/05/2016 16:37	83,3	8,8	733,04			0	
17/05/2016 09:50	48,7	5,13	249,831			0	
18/05/2016 14:00	39,2	2,14	83,888			0	
19/05/2016 01:15	36,8	9,42	346,656		0	0	
19/05/2016 17:15	34,8	10,29	358,092		0	0	
21/05/2016 17:15	25,8	8,03	207,174			0	
23/05/2016 17:15	27	9,34	252,18			0	
27/05/2016 09:49	19,8	5,13	101,574			0	
01/06/2016 11:40	36,8	1,84	67,712		0	0	

Annexe 30 : tableau de calcul des masses de Sulforhodamine B et d'Acide Amino G restituées à la source de Ranc d'Avène

Source de Ranc d'Avène: Estimation sur la seule base des analyses d'eau pratiquées par le laboratoire Sciences Environnement							
Estimation de la restitution de la Sulforhodamine B				Estimation de la restitution de l'Acide Amino G			
UT	A débit (l/s)	B Sulforhodamine B (µg/l)	C = A*B débit*Sulforhodamine B (µg/s)	Intégration de la courbe de C en fonction du temps	D AAG (µg/l)	E = A*D AAG*débit (µg/s)	Intégration de la courbe de E en fonction du temps
02/05/2016 11:30		0	0		0,35 kg	0	
10/05/2016 14:00			0	0		0	
12/05/2016 09:35	454	0,82	372,28	0		0	
13/05/2016 01:30	208,5	2,5	521,25	11,78		2456,13	
13/05/2016 13:35	165,7	19,05	3156,585	0		0	
13/05/2016 17:35	157,6	1,91	301,016			0	
14/05/2016 01:35	142,8	2,09	298,452			0	
14/05/2016 17:35	130,5	2,12	276,66			0	
15/05/2016 09:35	118	2,57	303,26	0		0	
16/05/2016 01:35	114,2	2,68	306,056			0	
19/05/2016 01:30	54,54	2,11	115,0794			0	
22/05/2016 09:30	15,6	0,71	11,076			0	
23/05/2016 13:55	15	0	0			0	
25/05/2016 09:30	4,5	2,43	10,935			0	
01/06/2016 08:30	37,1	2,57	95,347			0	

Annexe 31 : Analyses du laboratoire classées chronologiquement

	Time	Fluorescéine	Sulforhodamine B	AAG	Date de l'analyse
Bourbouillet	02/05/2016 12:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	11/05/2016 10:30			0,0	analyses 06/07/2016
	11/05/2016 18:00	0,0	0,0	0,0	analyses 04/08/2016
	11/05/2016 18:37	0,0	0,0	14,7	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 02:37	0,0	8,9	35,2	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 10:35	0,0	5,2	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 02:37	0,0	10,3	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 11:40	0,0	27,3	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 18:37	0,0	36,1		analyses 31/05/2016
	14/05/2016 02:37	0,0	14,7		analyses 10/06/2016
	14/05/2016 10:37	0,0	14,4		analyses 31/05/2016
	15/05/2016 02:37	0,0	11,3		analyses 31/05/2016
	15/05/2016 18:37	0,0	8,8		analyses 31/05/2016
	17/05/2016 11:50	0,0	5,1		analyses 31/05/2016
	18/05/2016 16:00	0,0	2,1		analyses 31/05/2016
	19/05/2016 03:15	0,0	9,4	0,0	analyses 06/07/2016
	19/05/2016 19:15	0,0	10,3	0,0	analyses 10/06/2016
	21/05/2016 19:15	0,0	8,0		analyses 31/05/2016
	23/05/2016 19:15	0,0	9,3		analyses 10/06/2016
	27/05/2016 11:49	0,0	5,1		analyses 10/06/2016
01/06/2016 13:40	0,0	1,8	0,0	analyses 10/06/2016	
Fontenille	02/05/2016 14:30	0,0			analyses 25/05/2016
	19/05/2016 17:30	205,1			analyses 25/05/2016
	19/05/2016 23:30	873,5			analyses 25/05/2016
	01/06/2016 09:30	0,1	0,0		analyses 06/07/2016
Ranc d'Avène	02/05/2016 13:30	0,1	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 11:35	0,0	0,8	0,0	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 19:30	0,0	0,0	0,0	analyses 04/08/2016
	13/05/2016 03:30	0,0	2,5	11,8	analyses 06/07/2016
	13/05/2016 11:30	0,0	0,1	0,0	analyses 06/07/2016
	13/05/2016 15:35	0,0	19,1	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 19:35	0,0	1,9		analyses 31/05/2016
	14/05/2016 03:35	0,0	2,1		analyses 31/05/2016
	14/05/2016 19:35	0,0	2,1		analyses 31/05/2016
	15/05/2016 11:35	0,0	2,6	0,0	analyses 31/05/2016
	16/05/2016 03:35	0,0	2,7		analyses 31/05/2016
	19/05/2016 03:30	0,0	2,1		analyses 10/06/2016
	22/05/2016 11:30	0,0	0,7		analyses 10/06/2016
	23/05/2016 15:55	0,0	0,0		analyses 31/05/2016
	25/05/2016 11:30	0,0	2,4		analyses 10/06/2016
01/06/2016 10:30	0,0	2,6		analyses 10/06/2016	
Forage F1 Gerbial	02/05/2016 15:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	11/05/2016 14:45	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	17/05/2016 15:30	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	23/05/2016 17:05	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	25/05/2016 12:30	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	30/05/2016 13:30	0,7	0,0	0,0	analyses du 10/06/2016
	06/06/2016 12:50	0,2	0,0	0,0	analyses du 10/06/2016

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Event des Cascades	08/05/2016 18:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 12:10	0,0	0,0	0,0	analyses 04/08/2016
	13/05/2016 16:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
Font-Méjanne	03/05/2016 15:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 12:30	0,0	0,0	14,8	analyses 31/05/2016
	13/05/2016 15:50			7,9	analyses 06/07/2016
	14/05/2016 16:45	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
Source d'Espeluche	03/05/2016 10:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 09:30	0,0	2,0	0,0	analyses 25/05/2016
	17/05/2016 17:00	0,0	0,0		analyses 31/05/2016
Bourgène	02/05/2016 16:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 16:30	0,0	0,0	0,0	analyses 04/08/2016
	14/05/2016 11:45	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
Font la Douce	02/05/2016 17:30	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 16:05	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	14/05/2016 12:00	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	15/05/2016 15:00	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	17/05/2016 17:15	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	23/05/2016 16:20	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	01/06/2016 12:00	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
Douce Paulette	01/06/2016 12:00	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
Tirbirou	06/05/2016 18:30	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	12/05/2016 13:00	0,0	2,0	30,8	analyses 25/05/2016
	13/05/2016 11:02	0,0	2,1	10,1	analyses 31/05/2016
	13/05/2016 15:55	0,0	1,7	9,1	analyses 31/05/2016
	14/05/2016 12:25	0,0	5,9	0,0	analyses 25/05/2016
	14/05/2016 14:40	0,0	2,3	0,0	analyses 25/05/2016
	15/05/2016	0,0	9,1	0,0	analyses 04/08/2016
	17/05/2016 17:30	0,0	1,1	0,0	analyses 04/08/2016
Ruisseau des Fontaines	17/05/2016 16:00	0,0	0,0	0,0	analyses 25/05/2016
	19/05/2016 12:19	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	21/05/2016 12:19	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	22/05/2016 16:00	0,0	0,0		analyses 06/07/2016
	22/05/2016 20:19	0,1	0,0		analyses du 04/08/2016
	23/05/2016 04:19	0,2	0,0		analyses du 04/08/2016
	23/05/2016 12:19	0,5	0,0		analyses du 04/08/2016
	23/05/2016 17:25	1,5	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	25/05/2016 12:30	1,6	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	27/05/2016 14:19	1,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	29/05/2016 14:19	0,7	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	30/05/2016 14:10	0,5	0,0		analyses du 04/08/2016
	01/06/2016 06:19	0,4	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	06/06/2016 14:50	0,2	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
10/06/2016 08:00	0,1	0,0		analyses 06/07/2016	
Puits Pelouse	02/05/2016 15:40	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	13/05/2016 14:50	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	17/05/2016 14:00	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	25/05/2016	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	01/06/2016 10:30	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Source de Fontgraze	03/05/2016 15:00	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	12/05/2016 13:30	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
Aigues de Bosc	03/05/2016 15:30	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	12/05/2016 11:55	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	13/05/2016 16:00	0,0	0,0	0,0	analyses 04/08/2016
Source de la Digue	02/05/2016 15:00	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	13/05/2016 17:45	0,0	0,4	0,0	analyses 31/05/2016
	14/05/2016 12:15	0,0	0,0	0,0	analyses 06/07/2016
Source RG de Grospierres	02/05/2016 12:25	0,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	17/05/2016 16:20	0,0	0,0	0,0	analyses 06/07/2016
	22/05/2016 00:00	0,0	0,0	0,0	analyses du 04/08/2016
	23/05/2016 17:40	0,6	0,0		analyses 06/07/2016
	25/05/2016 11:30	2,0	0,0	0,0	analyses 31/05/2016
	30/05/2016 11:50	0,6	36,1	0,0	analyses 10/06/2016
	06/06/2016 15:40	0,2	8,0	0,0	analyses 10/06/2016
10/06/2016 08:30	0,1	0,0		analyses 06/07/2016	
Source RD de Grospierres	02/05/2016 12:30	0,0	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	30/05/2016 11:50	0,4	0,0	0,0	analyses 10/06/2016
	10/06/2016 08:30	0,1	0,0		analyses 06/07/2016
Rocher de la Vierge	02/05/2016 16:30	0,0	0,0		analyses 31/05/2016
	21/05/2016 12:30	0,0	0,0		analyses 31/05/2016
Chassezac Digue	17/05/2016 18:00	0,0	0,0	0,0	analyses 06/07/2016

Annexe 32 : Rapports d'analyses du laboratoire

Date d'analyse : 25/05/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT « RANC D'AVENE »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ranc d'Avene	02/05 13h30	OUI	NON	0,12	∅	∅
	12/05 11h35 (#7)	OUI	NON	∅	0,82	∅
	13/05 15h35	OUI	NON	∅	19,05	∅

∅ Absence de colorant

B. CONCENTRATION EN COLORANT « FG1 GERBIAL »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
FG1 Gerbial	02/05/2016	OUI	NON	∅	∅	∅
	11/05 14h45	OUI	NON	∅	∅	∅
	17/05 15h30	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

C. CONCENTRATION EN COLORANT « E DES CASCADES »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
E. des cascades	08/05 18h00 blanc	OUI	NON	∅	∅	∅
	13/05 16h00	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

D. CONCENTRATION EN COLORANT « FONTAINE MEJANNE »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Fontaine Méjeanne	03/05/2016	OUI	NON	∅	∅	∅
	14/05 16h45	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 25/05/2016

E. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE ESPELUCHE »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source Espeluche	03/05/2016	OUI	NON	∅	∅	∅
	13/05 9h30	OUI	NON	∅	1,98	∅

∅ Absence de colorant

F. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE BOUGERE » (= Bourgène)

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source Bougère	02/05/2016	OUI	NON	∅	∅	∅
	14/05 11h45	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

G. CONCENTRATION EN COLORANT « FONTAINE LA DOUCE »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Fontaine la Douce	02/05 17h30	OUI	NON	∅	∅	∅
	13/05 16h05	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

H. CONCENTRATION EN COLORANT « TIRBIROU »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Tirbirou	06/05 18h30 blanc	OUI	NON	∅	∅	∅
	12/05 13h00	OUI	NON	∅	2,04	30,81
	14/05 12h25	OUI	NON	∅	5,93	∅
	14/05 14h40 "petit lait"	OUI	NON	∅	2,30	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 25/05/2016

I. CONCENTRATION EN COLORANT « **RAU FONTAINE** »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ruisseau Fontaine	17/05 16h00	OUI	NON	∅	∅	∅

∅ Absence de colorant

J. CONCENTRATION EN COLORANT « **BOURBOUILLET** »

Dénomination	Dénomination	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Bourbouillet	02/05 12h00	OUI	NON	∅	∅	∅
	11/05 18h37 (#4)	OUI	NON	∅	∅	14,73
	12/05 02h37 (#5)	OUI	NON	∅	8,90	35,18
	12/05 10h35	OUI	NON	∅	5,16	∅
	13/05 11h40	OUI	NON	∅	27,33	∅
	13/05 11h30 "vasque"	OUI	NON	∅	10,27	∅

∅ Absence de colorant

K. CONCENTRATION EN COLORANT « **BOURBOUILLET** »

Dénomination	Date	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Fontenille	02/05 14h30	OUI	NON	∅	∅	∅
	19/05 17h30	OUI	OUI	205,10	∅	∅
	19/05 23h30	OUI	OUI	873,50	∅	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 31/05/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RANC D'AVENE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RANC D'AVENE	13/05/2016	19h35	OUI	NON	∅	1,91	NON		
	14/05/2016	03h35	OUI	NON	∅	2,09	NON		
	14/05/2016	19h35	OUI	NON	∅	2,12	NON		
	15/05/2016	11h35	OUI	NON	∅	2,57	OUI	NON	∅
	16/05/2016	03h35	OUI	NON	∅	2,68	NON		
	23/05/2016	15h55	OUI	NON	∅	∅	NON		

∅ Absence de colorant

B. CONCENTRATION EN COLORANT « FORAGE FG1 DE GERBIAL »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Forage FG1 de Gerbial	23/05/2016	17h05	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	25/05/2016	12h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

C. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE FONT MEJANNES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de FONT MEJANNES	12/05/2016	12h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	14,83

∅ Absence de colorant

D. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE FONT LA DOUCE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de FONT LE DOUCE	14/05/2016	12h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	15/05/2016		OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 31/05/2016

E. CONCENTRATION EN COLORANT « TIRBIROU »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
TIRBIROU siphon point bas	13/05/2016	11h02	OUI	NON	∅	2,13	OUI	NON	10,09
TIRBIROU	13/05/2016	15h55	OUI	NON	∅	1,72	OUI	NON	9,14

∅ Absence de colorant

F. CONCENTRATION EN COLORANT « RUISSEAU DES FONTAINES – F GERBIAL »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ruisseau des FONTAINES - F Gerbial	23/05/2016	17h25	OUI	NON	1,48	∅	OUI	NON	∅
	25/05/2016	12h30	OUI	NON	1,58	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

G. CONCENTRATION EN COLORANT « BOURBOUILLET »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Bourbouillet	13/05/2016	18h37	OUI	NON	∅	36,13	NON		
	14/05/2016	10h37	OUI	NON	∅	14,37	NON		
	15/05/2016	02h37	OUI	NON	∅	11,31	NON		
	15/05/2016	18h37	OUI	NON	∅	8,80	NON		
	17/05/2016	11h50	OUI	NON	∅	5,13	NON		
	18/05/2016	16h00	OUI	NON	∅	2,14	NON		
	21/05/2016	19h15	OUI	NON	∅	8,03	NON		

∅ Absence de colorant

H. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE PUIITS OU FONT PELOUSE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de PUIITS ou FONT PELOUSE	02/05/2016	15h40	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	13/05/2016	14h50	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 31/05/2016

I. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE FONTGRAZE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de FONTGRAZE	03/05/2016		OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	12/05/2016	13h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

J. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE D'AIGUES DE BOSC »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source d'AIGUES DE BOSC	03/05/2016	15h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	12/05/2016	11h55	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

K. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE D'ESPELUCHE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source d'ESPELUCHE	17/05/2016	17h00	OUI	NON	∅	∅	NON		

∅ Absence de colorant

L. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE LA DIGUE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de la DIGUE	02/05/2016		OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	13/05/2016	17h45	OUI	NON	∅	0,44	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

M. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RG GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RG GROSPIERRES	02/05/2016	12h25	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	25/05/2016	11h30	OUI	NON	1,97	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 31/05/2016

N. CONCENTRATION EN COLORANT « CHASSEZAD ROCHER DE LA VIERGE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
CHASSEZAD Rocher de la Vierge	02/05/2016		OUI	NON	∅	∅	NON		
	21/05/2016	12h30	OUI	NON	∅	∅	NON		

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 10/06/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RANC D'AVENE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RANC D'AVENE	19/05/2016	19h35	OUI	NON	∅	2,11	NON		
	22/05/2016	03h35	OUI	NON	∅	0,71	NON		
	25/05/2016	19h35	OUI	NON	∅	2,43	NON		
	01/06/2016	11h35	OUI	NON	∅	2,57	NON		

∅ Absence de colorant

B. CONCENTRATION EN COLORANT « FORAGE FG1 DE GERBIAL »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Forage FG1 de Gerbial	30/05/2016	13h30	OUI	NON	0,70	∅	OUI	NON	∅
	06/06/2016	12h50	OUI	NON	0,18	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

C. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE FONT LA DOUCE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de FONT LA DOUCE	17/05/16	17H15	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	23/05/16	16H20	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	01/06/16	12h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

D. CONCENTRATION EN COLORANT « RUISSEAU DES FONTAINES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ruisseau des Fontaines	19/05/2016	12h19	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	21/05/2016	12h19	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	27/05/2016	14h19	OUI	NON	1,00	∅	OUI	NON	∅
	29/05/2016	14h19	OUI	NON	0,74	∅	OUI	NON	∅
	01/06/2016	06h19	OUI	NON	0,42	∅	OUI	NON	∅
	06/06/2016	14h50	OUI	NON	0,18	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 10/06/2016

E. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE BOURBOUILLET »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de BOURBOUILLET	14/05/2016	02h37	OUI	NON	∅	14,70	NON		
	19/05/2016	12h15	OUI	NON	∅	10,29	OUI	NON	∅
	23/05/2016	19h15	OUI	NON	∅	9,34	NON		
	27/05/2016	11h49	OUI	NON	∅	5,13	NON		
	01/06/2016	13h40	OUI	NON	∅	1,84	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

F. CONCENTRATION EN COLORANT « PUIIS PELOUSE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Puits pelouse	17/05/2016	14h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	25/05/2016		OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	01/06/2016	10h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

G. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RG GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RG GrosPierre	30/05/2016	11h50	OUI	NON	0,62	36,13	OUI	NON	∅
	06/06/2016	15h40	OUI	NON	0,17	8,03	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

H. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RD GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RD GrosPierre	02/05/2016	12h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	30/05/2016	11h50	OUI	NON	0,44	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 10/06/2016

I. CONCENTRATION EN COLORANT « DOUCE PAULETTE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Douce Paulette	01/06/2016	12h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 06/07/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RANC D'AVENE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RANC D'AVENE	13/05/2016	3H30	OUI	NON	∅	2,50	OUI	NON	11,78

∅ Absence de colorant

B. CONCENTRATION EN COLORANT « RUISSEAU DES FONTAINES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ruisseau des Fontaines	22/05/2016		OUI	NON	∅	∅	NON		
	10/06/2016	8H00	OUI	NON	0,06	∅	NON		

∅ Absence de colorant

C. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE BOURBOUILLET »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de BOURBOUILLET	11/05/16	10H30	NON				OUI	NON	∅
	19/05/16	3H15	OUI	NON	∅	9,42	NON		

∅ Absence de colorant

D. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RG GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RG Grospierres	17/05/2016	16H20	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅
	23/05/2016	17H40	OUI	NON	0,60	∅	NON		
	10/06/2016	8H30	OUI	NON	0,12	∅	NON		

∅ Absence de colorant

E. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RD GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RD Grospierres	10/06/2016	8H30	OUI	NON	0,12	∅	NON		

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 06/07/2016

F. CONCENTRATION EN COLORANT « FONTAINE MEJANNE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Fontaine Méjanne	13/05/2016	15h50	NON				OUI	NON	7,93

∅ Absence de colorant

G. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE LA DIGUE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de la DIGUE	14/05/2016	12H15	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

H. CONCENTRATION EN COLORANT « FONTENILLE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Fontenille	01/06/2016	9h30	OUI	NON	0,06	∅	NON		

∅ Absence de colorant

I. CONCENTRATION EN COLORANT « SIPHON DE BOURBOUILLET »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Siphon de BOURBOUILLET	01/06/2016	13H40	OUI	NON	∅	10,75	NON		

∅ Absence de colorant

J. CONCENTRATION EN COLORANT « DIGUE DE CHASSEZAC »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Digue de Chassezac	17/05/2016	18h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 04/08/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RANC D'AVENE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RANC D'AVENE	12/05/2016	19h30	OUI	NON	∅	0,04	OUI	NON	∅
	13/05/2016	11h30	OUI	NON	∅	0,07	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

B. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE DE BOURBOUILLET »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source de BOURBOUILLET	11/05/16	18h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

C. CONCENTRATION EN COLORANT « EVENT DES CASCADES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Event des Cascades	12/05/2016	12h10	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

D. CONCENTRATION EN COLORANT « TIRBIROU »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Tirbirou	15/05/2016		OUI	NON	∅	9,08	OUI	NON	∅
	17/05/2016	17h30	OUI	NON	∅	1,10	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

E. CONCENTRATION EN COLORANT « AYGUES DE BOSC »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Aygues de Bosc	13/05/2016	16h00	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

F. CONCENTRATION EN COLORANT « BOURGENE »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Bourgène	13/05/2016	16h30	OUI	NON	∅	∅	OUI	NON	∅

∅ Absence de colorant

G. CONCENTRATION EN COLORANT « RUISSEAU DES FONTAINES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Ruisseau des Fontaines	22/05/2016	20h19	OUI	NON	0,06	∅	NON		
	23/05/2016	04h19	OUI	NON	0,23	∅	NON		
	23/05/2016	12h19	OUI	NON	0,53	∅	NON		
	30/05/2016	14h10	OUI	NON	0,45	∅	NON		

∅ Absence de colorant

H. CONCENTRATION EN COLORANT « SOURCE RG GROSPIERRES »

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Analysé	Dilué	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Source RG Grospierres	22/05/2016		OUI	NON	∅	∅	NON		

∅ Absence de colorant

Date d'analyse : 05/10/2016

A. CONCENTRATION EN COLORANT

Dénomination	Date	Heure	Analysé	Dilué	Concentration en Fluorescéine (µg/L)	Concentration en Sulforhodamine B (µg/L)	Concentration en Acide Amino G (µg/L)
Reinette siphon amont	04/05/2016	13h00	OUI	NON	∅	∅	∅
Reinette siphon aval	04/05/2016	16h00	OUI	NON	∅	∅	∅

Annexe 33: Résultats d'analyse des fluo-capteurs

Identification de la présence de fluorescéine par spectrométrie de luminescence

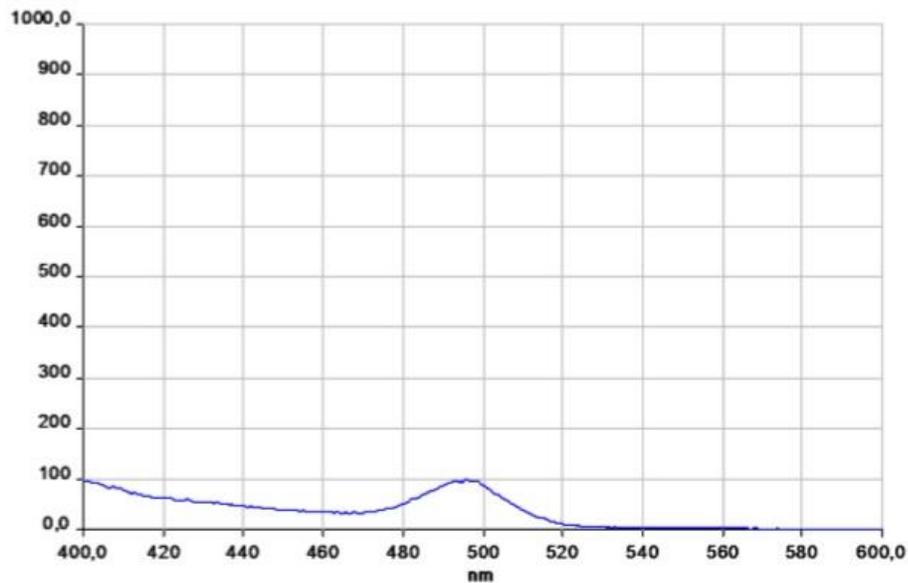
Puits des Fontaines

Fluocapteur posé le 10/05/2016 et retiré le 30/05/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Puits des Fontaines »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Puits des Fontaines, présente un pic de Fluorescéine.

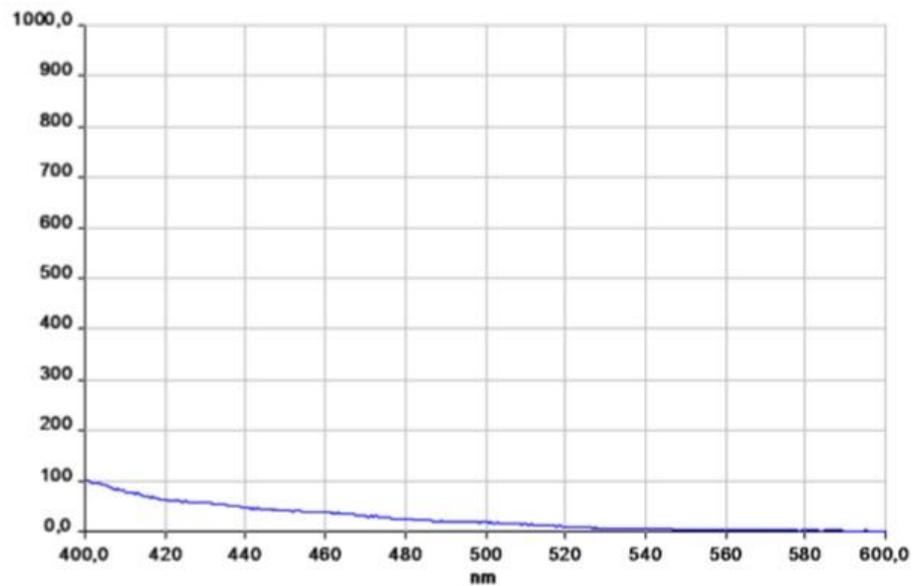
Puits P3 de Gerbial

Fluocapteur posé le 10/05/2016 et retiré le 30/05/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « P3 Gerbial » —————

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de P3 Gerbial, ne présente aucun pic de colorant.

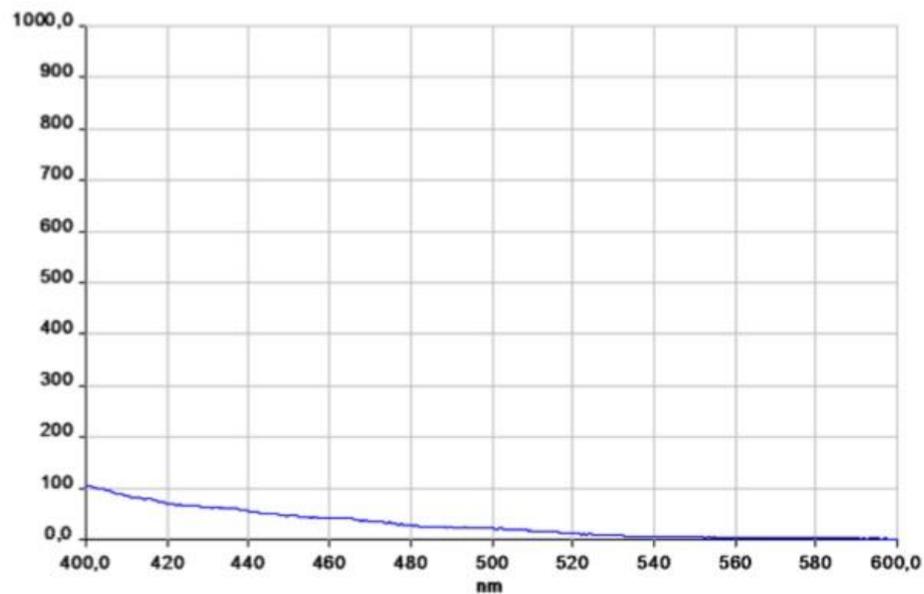
Puits P5 de Gerbial

Fluocapteur posé le 10/05/2016 et retiré le 30/05/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « P5 Gerbial »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de P5 Gerbial, ne présente aucun pic de colorant.

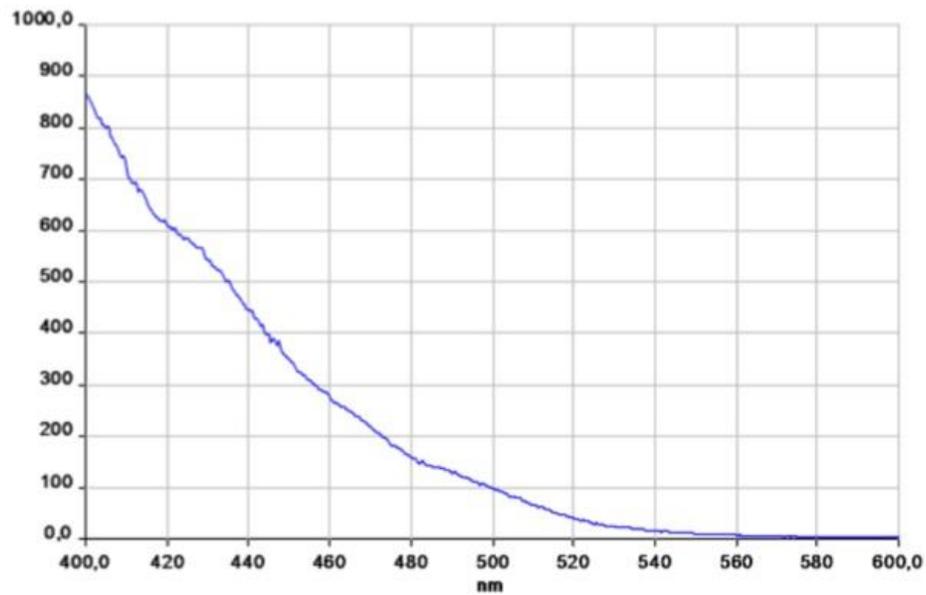
Chassezac - Rocher de la Vierge

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Chassezac – rocher de la vierge »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Chassezac – rocher de la vierge, ne présente aucun pic de colorant.

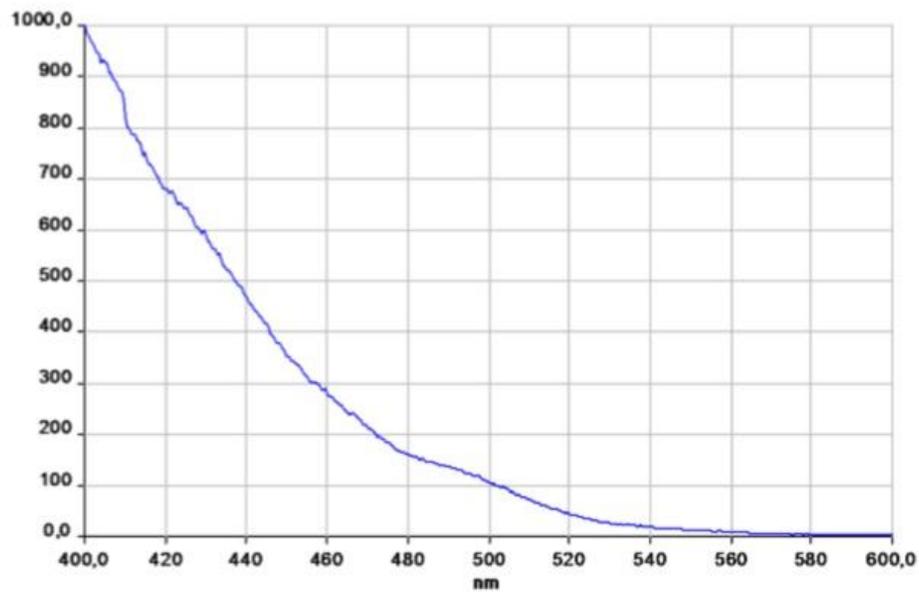
Chassezac - Selve

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Chassezac - Selve »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Chassezac - Selve, ne présente aucun pic de colorant.

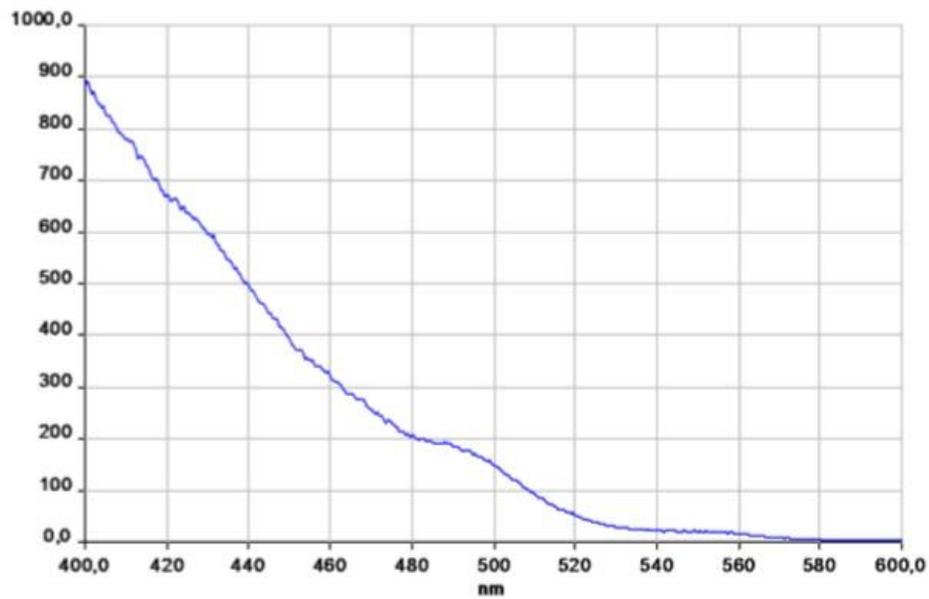
Chassezac - Gerbial

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 23/05/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Chassezac - Gerbial »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Chassezac - Gerbial, présente de potentielles traces de Fluorescéine et de Sulforhodamine B.

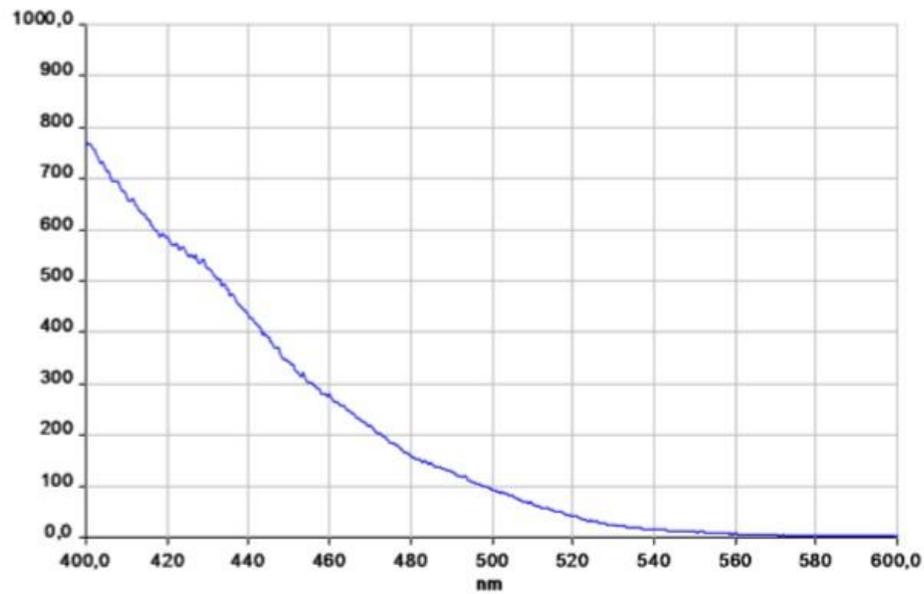
Beaume aval

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Beaume Aval** »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Beaume Aval**, ne présente aucun pic de colorant.

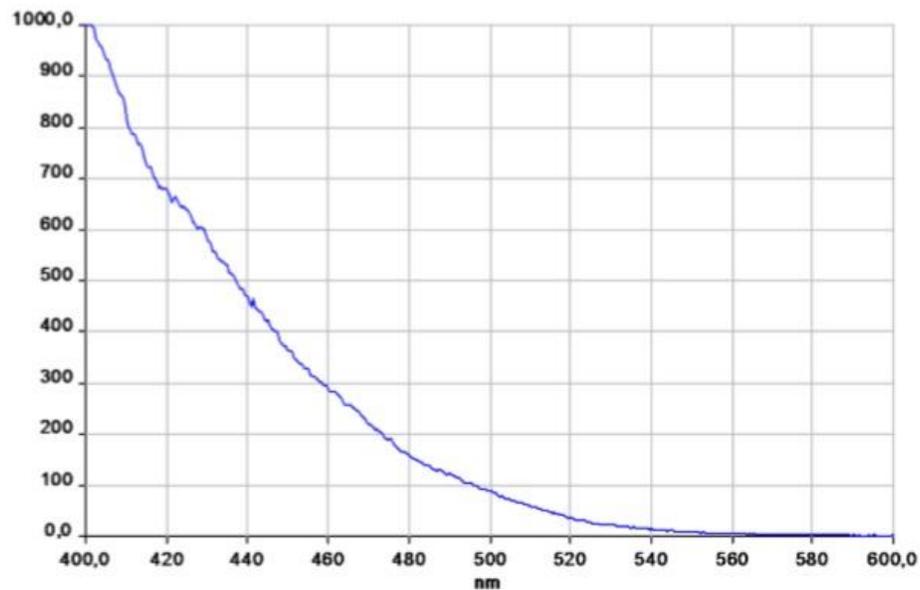
Source de Fontgraze

Fluocapteur posé le 03/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Fontgraze »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Fontgraze, ne présente aucun pic de colorant.

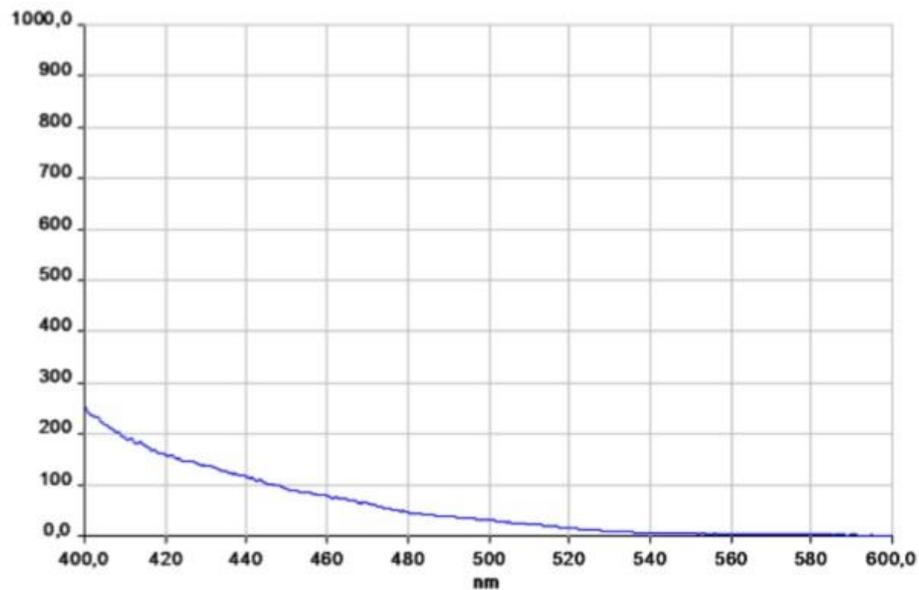
Font Méjeanne

Fluocapteur posé le 12/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Font Mejanne »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Font Mejanne, ne présente aucun pic de colorant.

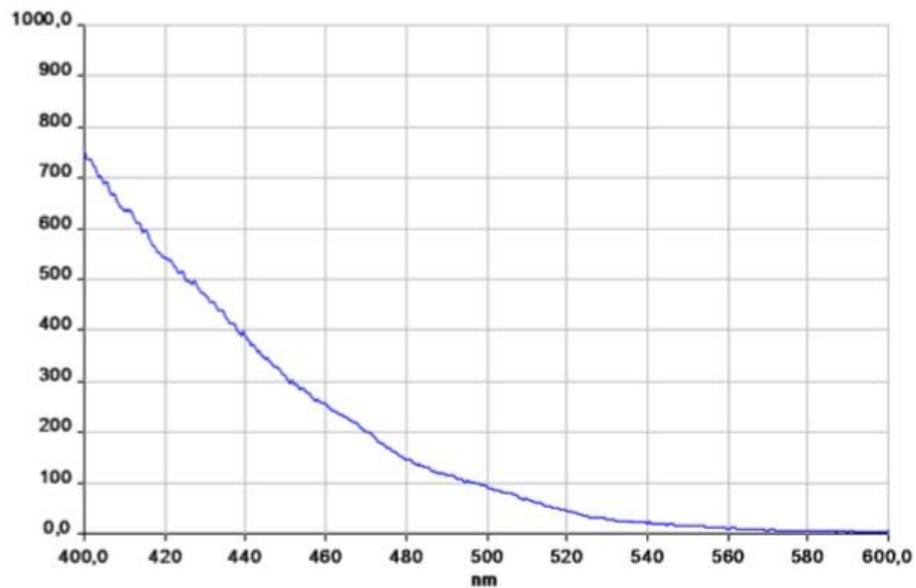
Event des Cascades (résurgence)

Fluocapteur posé le 03/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Event des Cascades (cavité)** »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Event des Cascades (cavité)**, ne présente aucun pic de colorant.

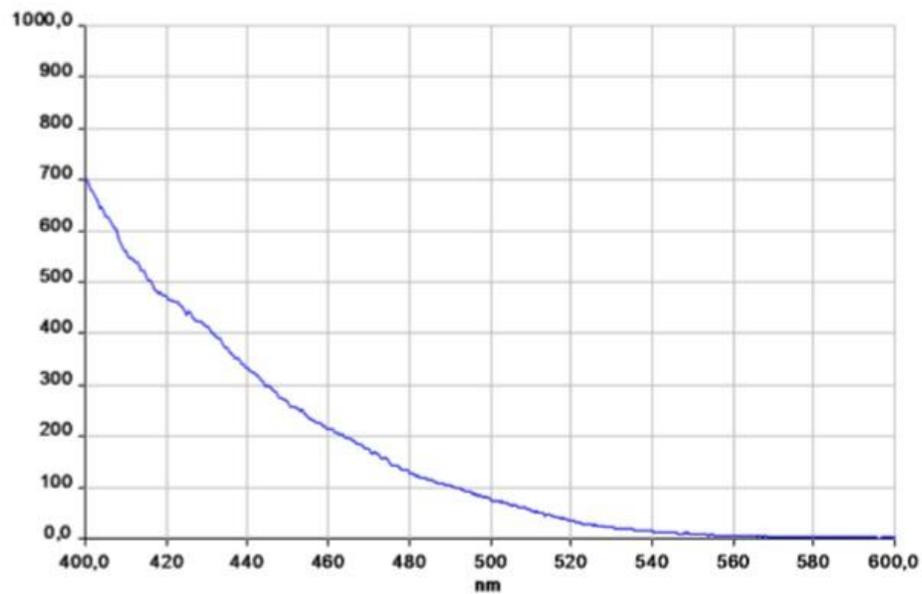
Ruisseau aval Event des Cascades

Fluocapteur posé le 03/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Event des Cascades (Ruisseau) »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Event des Cascades (Ruisseau), ne présente aucun pic de colorant.

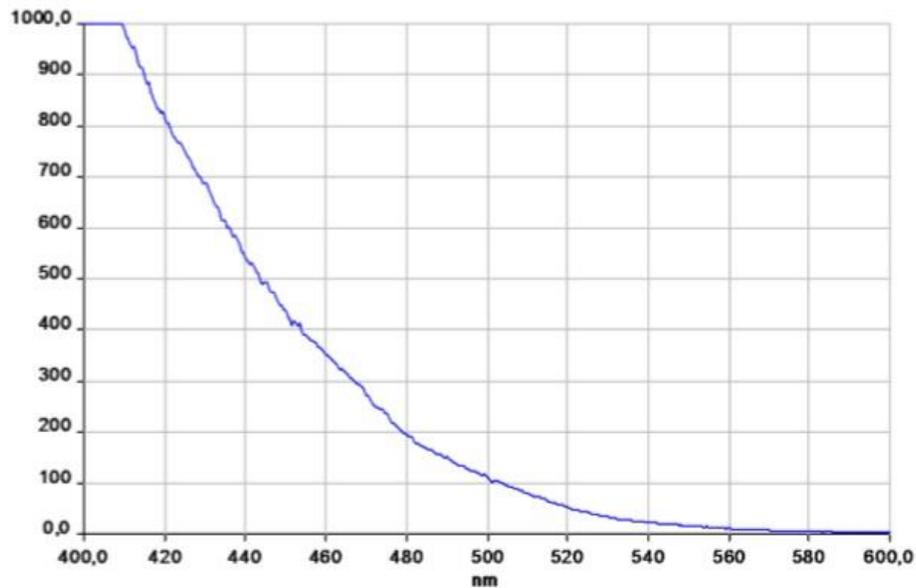
Aygues de Bosc (cavité)

Fluocapteur posé le 03/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Aygues de Bosc (Cavité) »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Aygues de Bosc (Cavité), ne présente aucun pic de colorant.

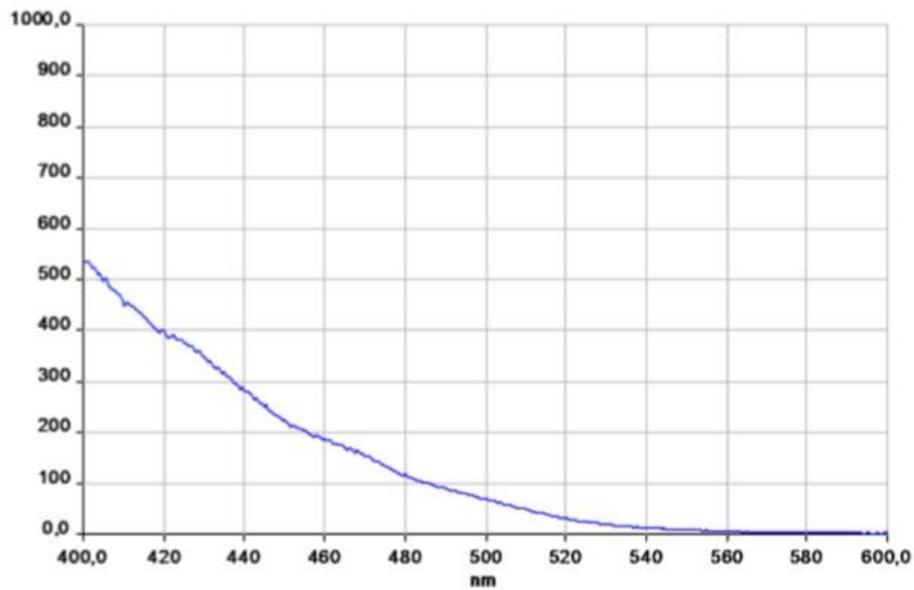
Aygues de Bosc (ruisseau)

Fluocapteur posé le 03/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Aygues de Bosc (Ruisseau)** »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Aygues de Bosc (Ruisseau)**, ne présente aucun pic de colorant.

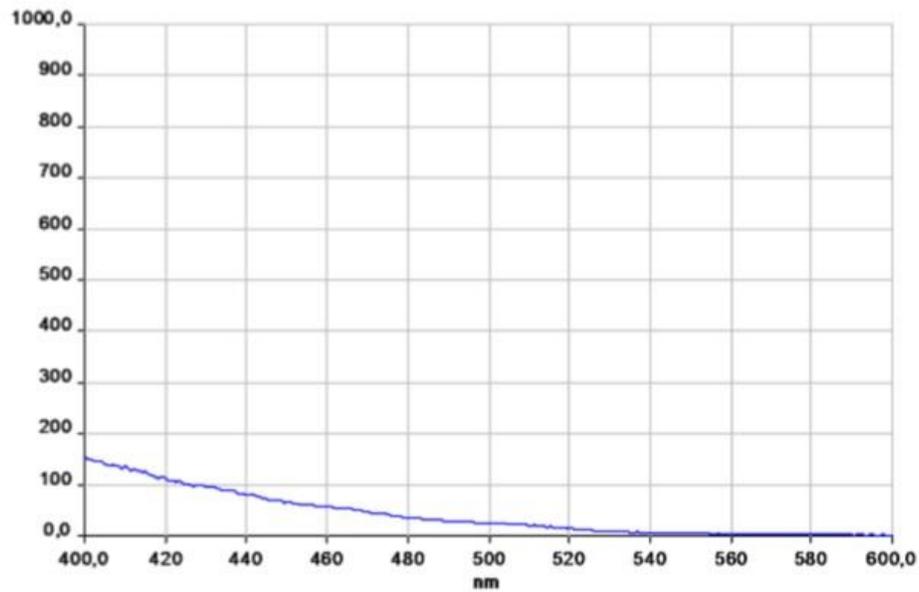
Source de Bourgène

Fluocapteur posé le 13/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Bourgène »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Bourgène, ne présente aucun pic de colorant.

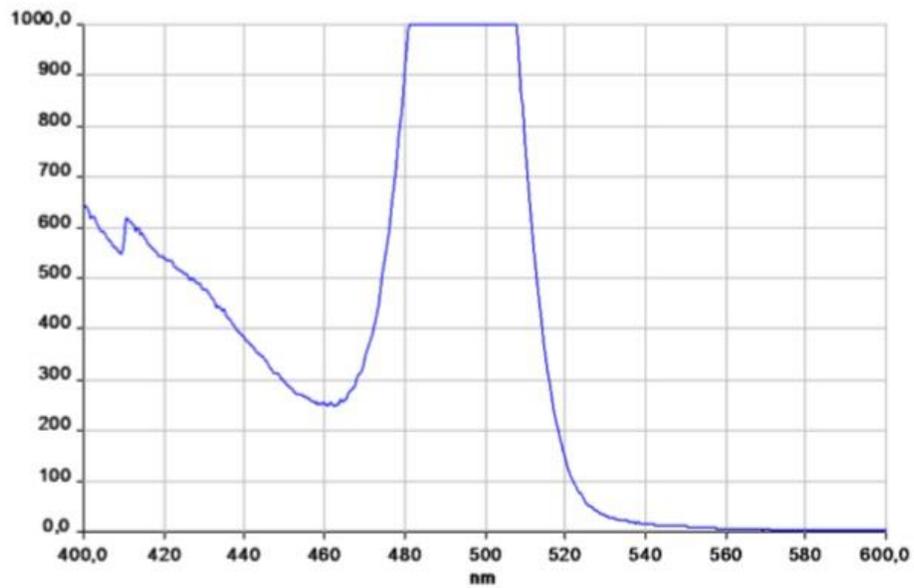
Ruisseau des Fontaines amont Gerbial

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 30/05/2016

Date d'analyse : 10/06/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Ruisseau des Fontaines Amont »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Ruisseau des Fontaines Amont, présente un pic saturé de Fluorecéine.

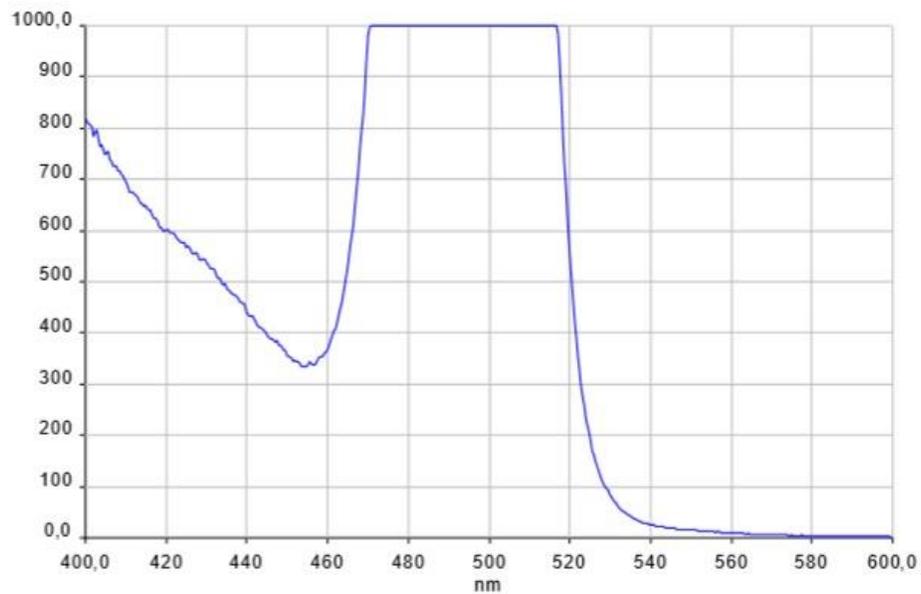
Moulin de Tarasque

Fluocapteur posé le 25/05/2016 et retiré le 10/06/2016

Date d'analyse : 06/07/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Moulin de Tarasque** »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Moulin de Tarasque**, présente un pic saturé de Fluorescéine.

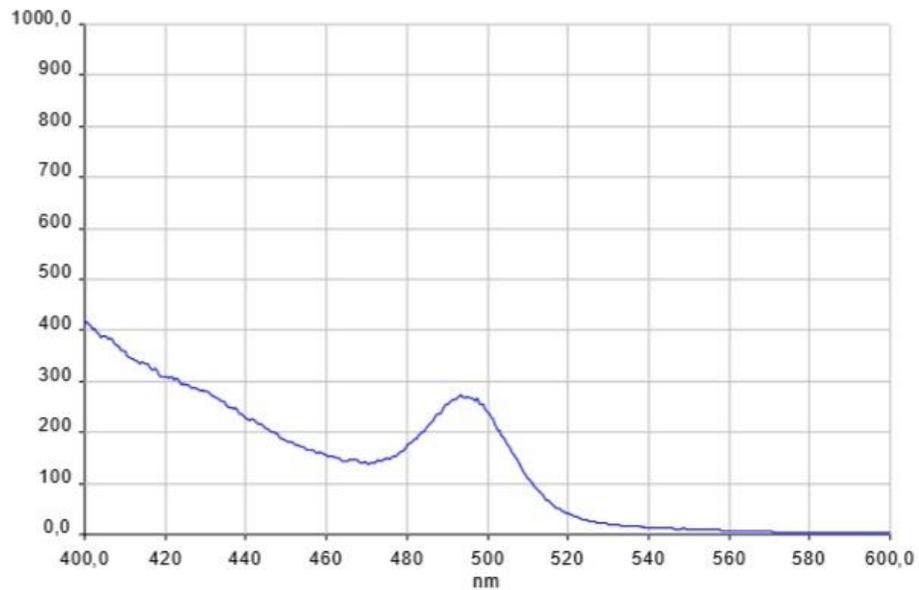
Confluence Chassezac-Ardèche

Fluocapteur posé le 02/05/2016 et retiré le 01/06/2016

Date d'analyse : 06/07/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Confluence Chassezac Ardèche »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Confluence Chassezac Ardèche, présente un pic de Fluorescéine.

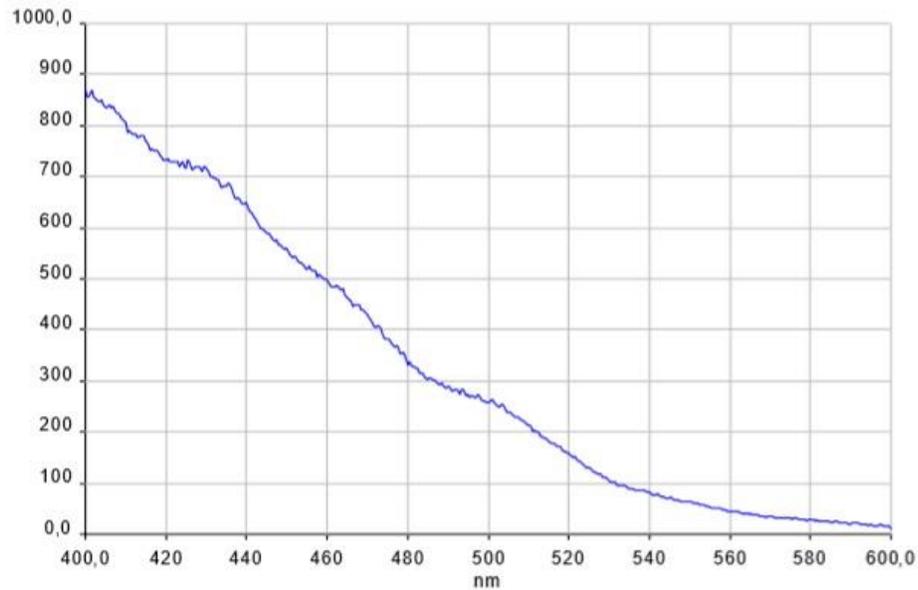
Font Méjeanne (cavité)

Fluocapteur posé le 08/05/2016

Date d'analyse : 04/08/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Font Mejeanne »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Font Mejeanne, ne présente aucun pic de colorant.

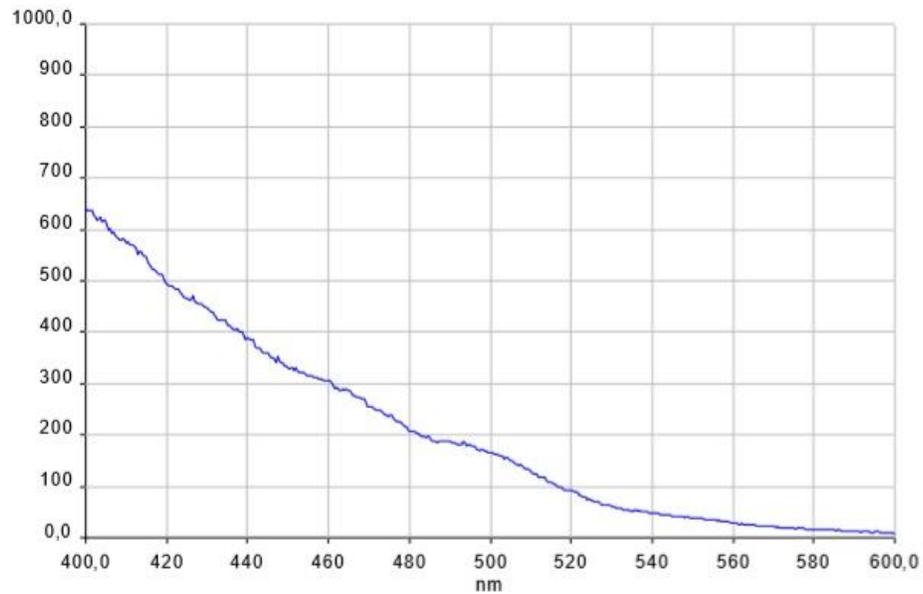
Event des Cascades (cavité)

Fluocapteur posé le 08/05/2016

Date d'analyse : 04/08/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Event des Cascades (cavités) »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Event des Cascades (cavités), ne présente aucun pic de colorant.

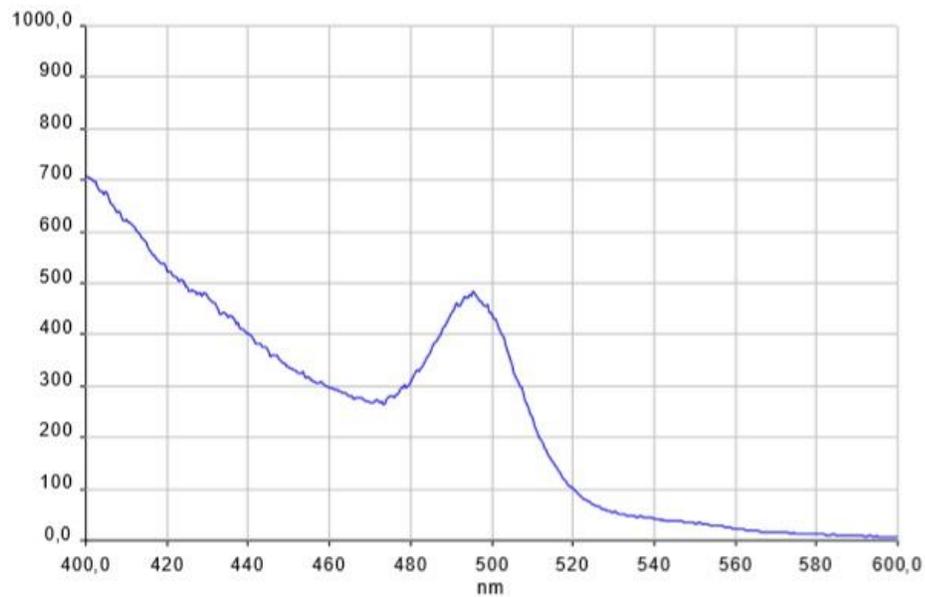
Reinette amont canal siphon B

Fluocapteur posé le 04/05/2015

Date d'analyse : 04/08/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Reinette amont canal siphon B »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Reinette amont canal siphon B, présente un pic de Fluorescéine.

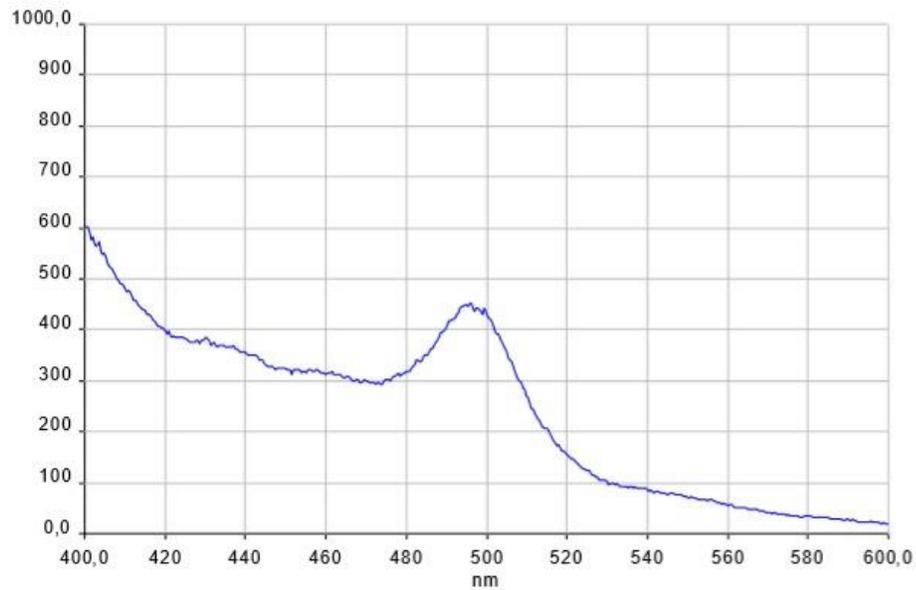
Reinette siphon aval

Fluocapteur posé le 04/05/2016

Date d'analyse : 04/08/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « Reinette siphon aval »

A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



B. OBSERVATION

Le fluocapteur de Reinette siphon aval, présente un pic de Fluorescéine.

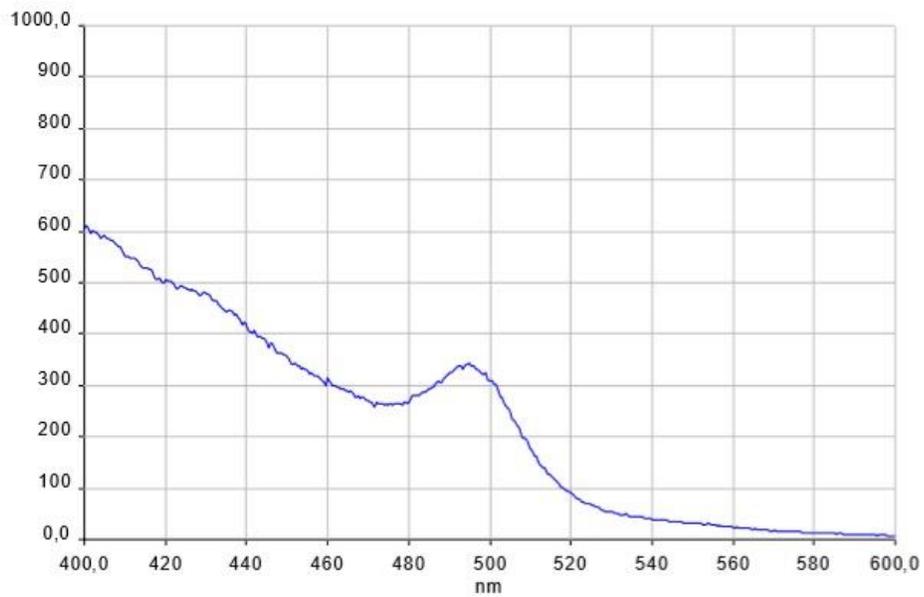
Source du Jawi

Fluocapteur posé le 08/05/2016

Date d'analyse : 04/08/2016

Analyse réalisée sur le fluocapteur de « **Jawi** »

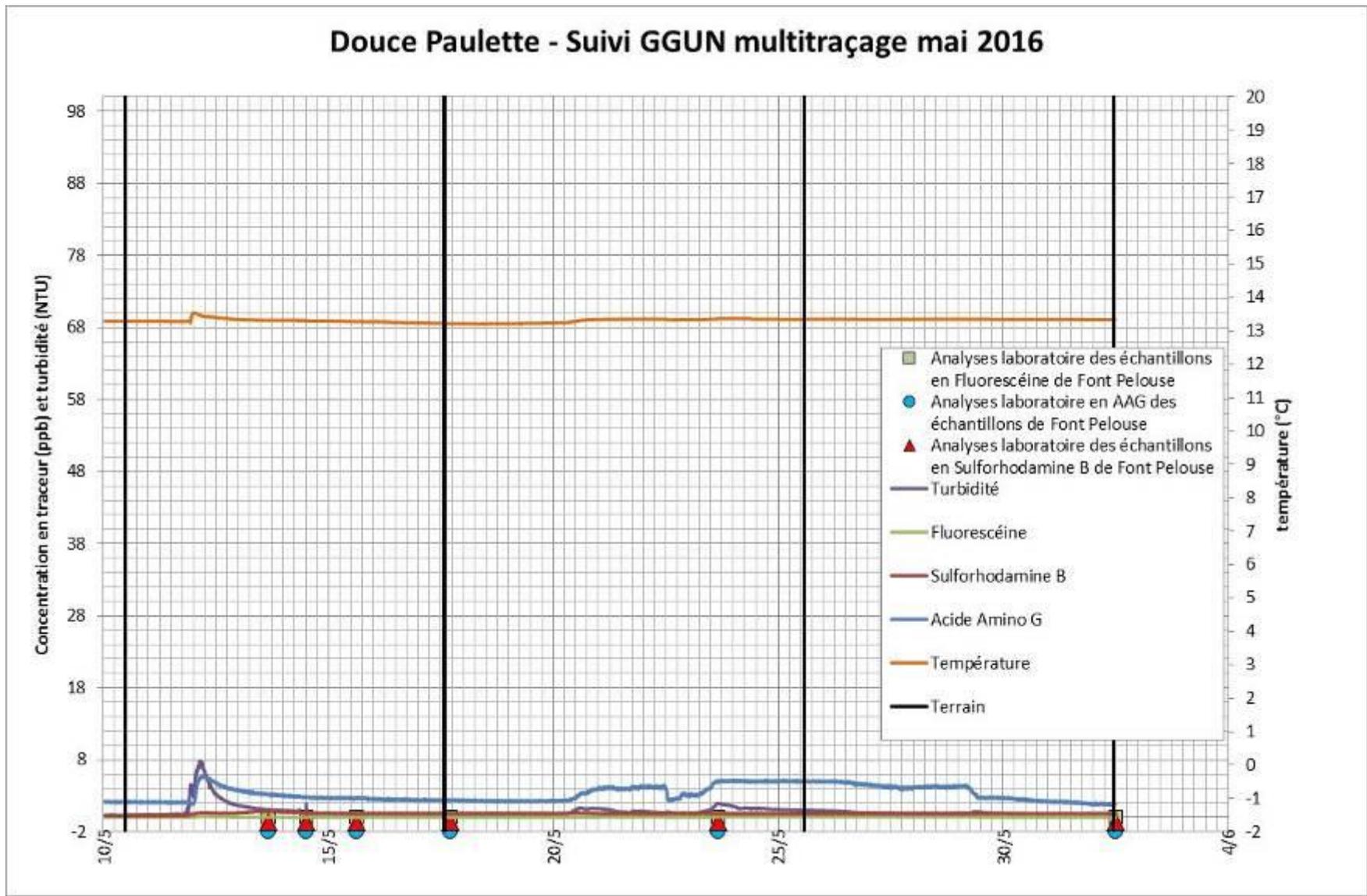
A. RESULTAT DU SPECTRE DE FLUORESCENCE



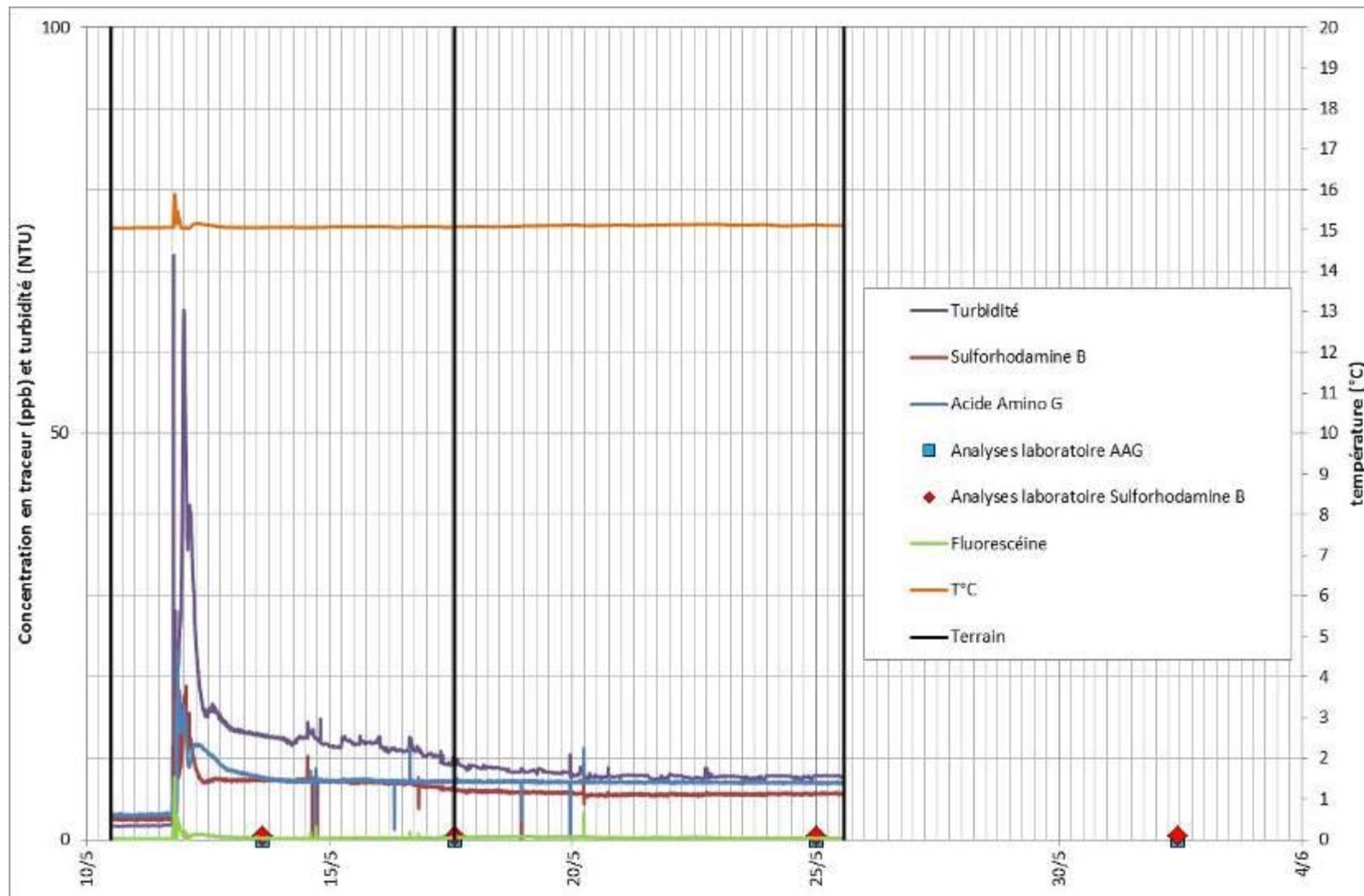
B. OBSERVATION

Le fluocapteur de **Jawi**, présente un pic de Fluorescéine.

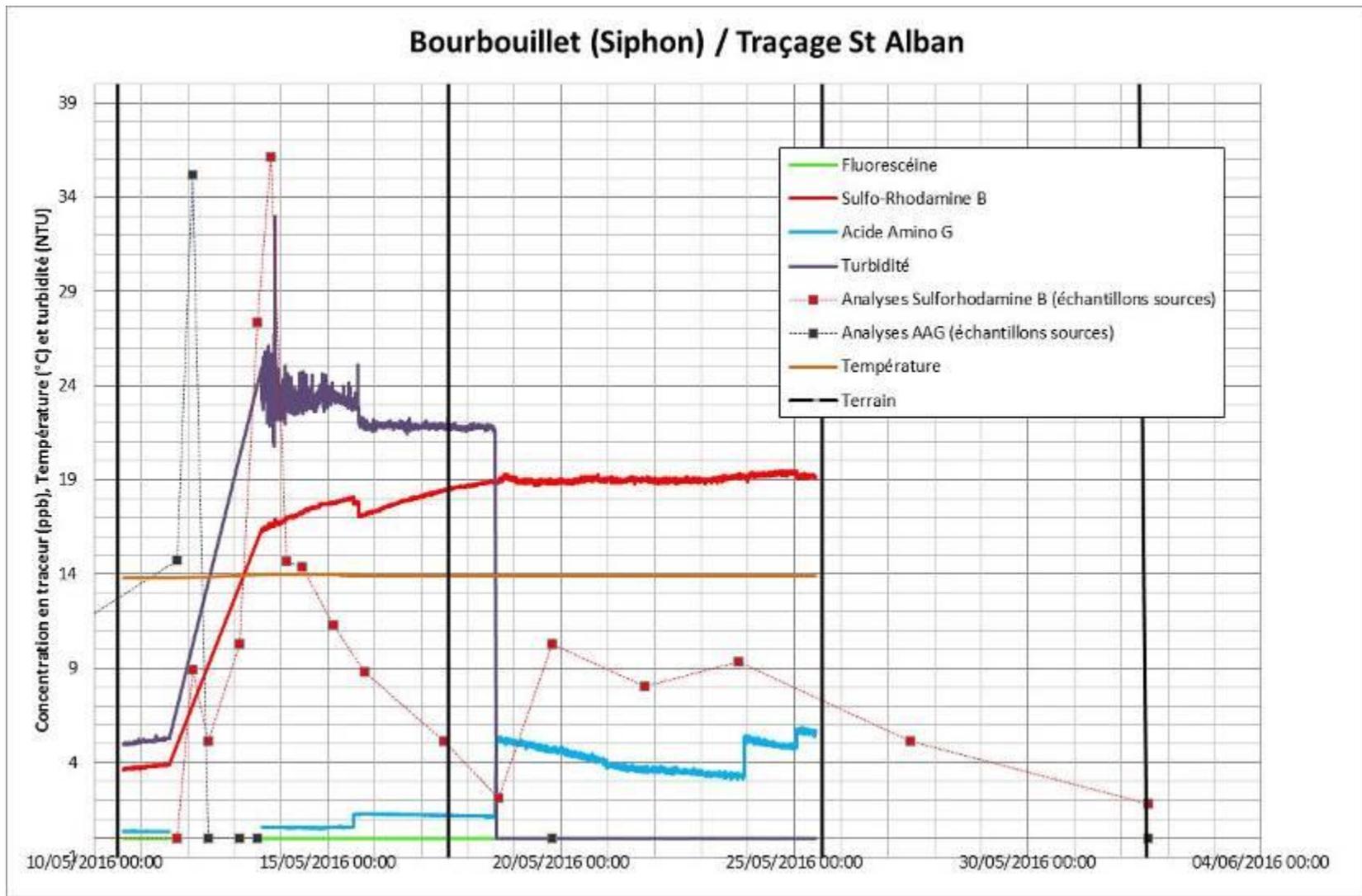
Annexe 34 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au siphon de Douce Paulette



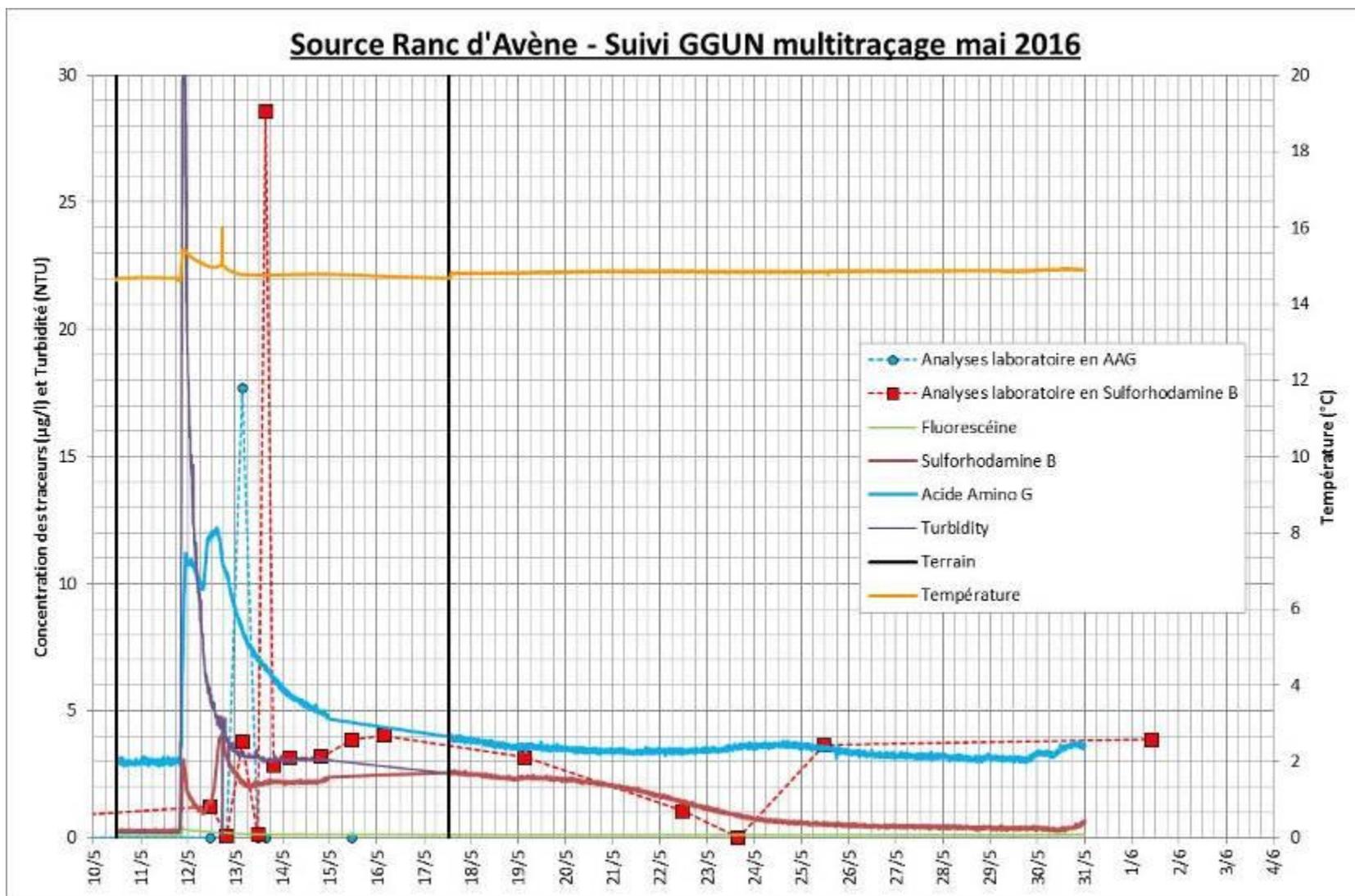
Annexe 35 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Font Pelouse



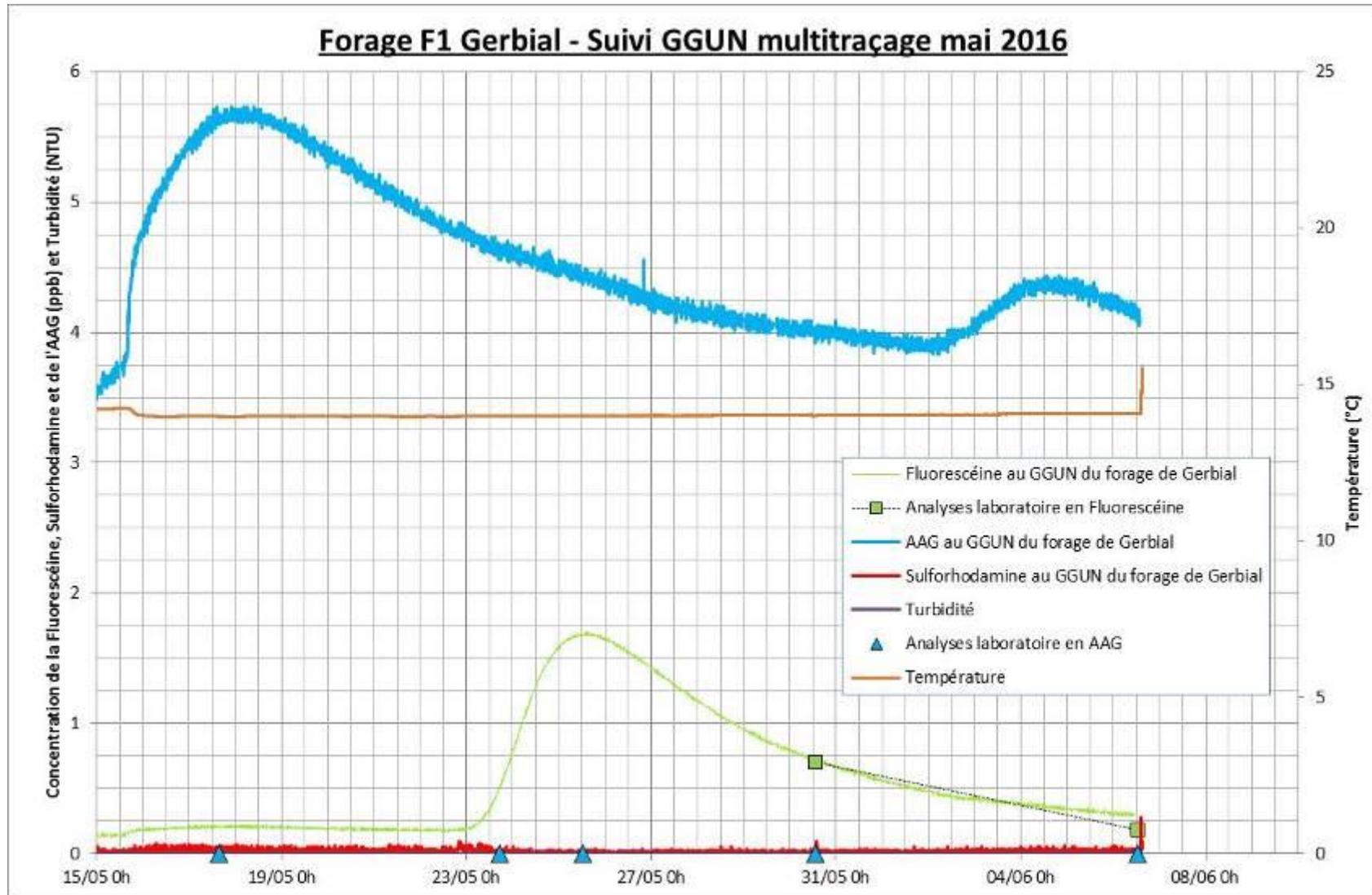
Annexe 36 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Bourbouillet



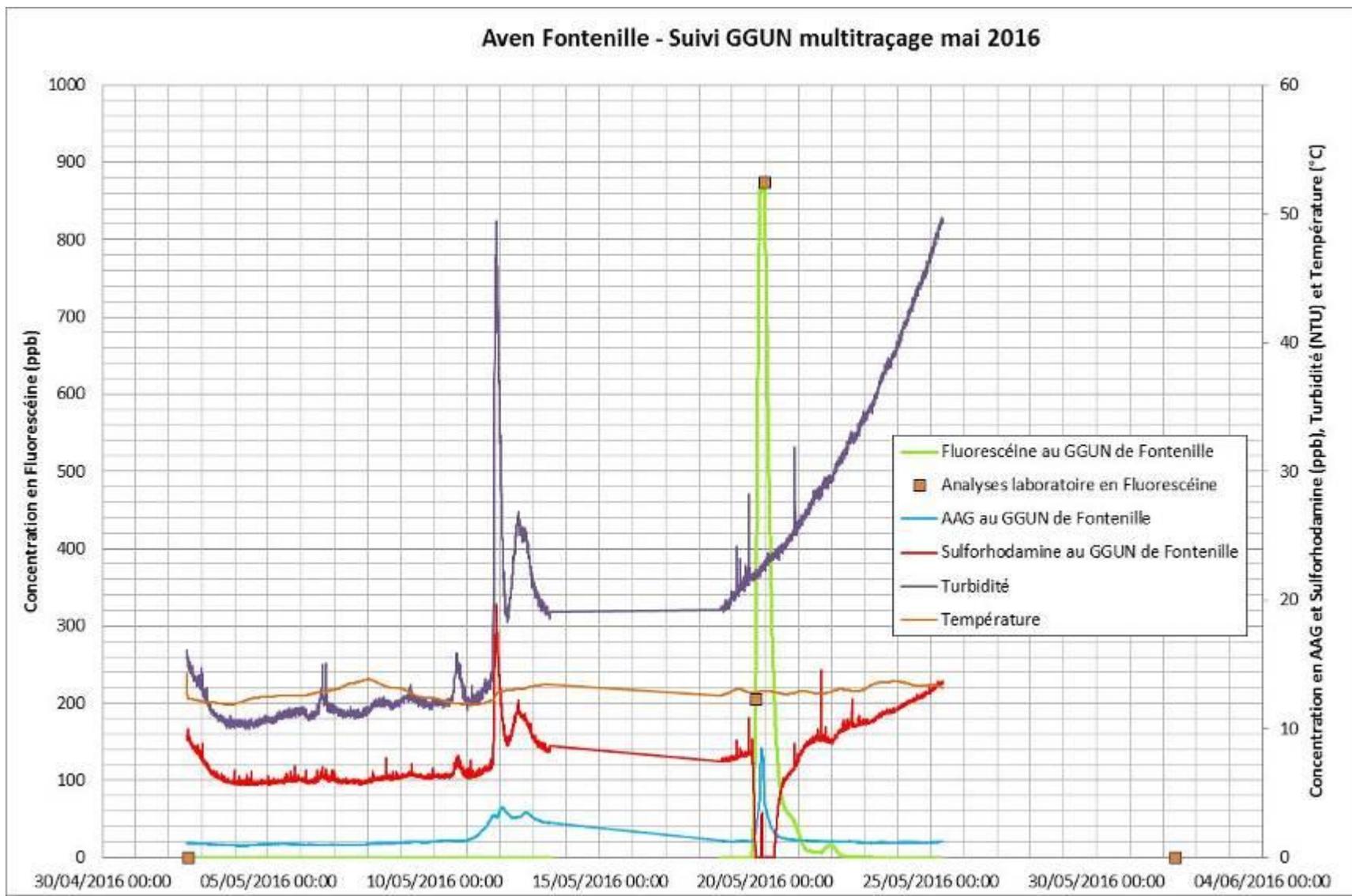
Annexe 37 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à la source de Ranc d'Avène



Annexe 38 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé au forage F1 de Gerbial



Annexe 39 : Concentrations en traceurs mesurées par le fluorimètre installé à l'aven Fontenille



Annexe 40 : Mesures au "GGUN bureau" des échantillons prélevés

	Analyse GGUN	Date relève préleveur	n° Flacon	Date prélèvement	Fluorescéine	Sulforhodamine B	AAG	turbidité
Bourbouillet	755 16/06	17/05/2016 00:00	1	10/05/2016 18:30	0,11	0	4,44	
			2	11/05/2016 02:30	0,1	0	3,43	
			3	11/05/2016 10:30	0,12	0	3,5	
			4	11/05/2016 18:30	0,05	0	12,91	
			5	12/05/2016 02:30	0,15	4,42	30,23	
			6	12/05/2016 10:30	0,18	8,23	52,24	
			7	12/05/2016 18:30	0,21	10,1	12,34	
			8	13/05/2016 02:30	0,02	20,42	9,45	
			9	13/05/2016 10:30	0,02	19,75	7,79	
			10	13/05/2016 18:30	0,02	15,55	7,33	
			11	14/05/2016 02:30				
	12	14/05/2016 10:30	0,11	6,71	5,66			
	13	14/05/2016 18:30	0,15	6,03	6,95			
	14	15/05/2016 02:30	0,15	5,07	7,74	0		
	15	15/05/2016 10:30	0,1	4,56	6,5	0		
	16	15/05/2016 18:30	0,15	4,08	6,17	0		
	17	16/05/2016 02:30	0,17	3,76	6,28	0		
	18	16/05/2016 10:30	0,12	3,68	6,09	0		
	19	16/05/2016 18:30	0,11	3,65	6,05	0		
	20	17/05/2016 02:30	0,12	3,57	4,8	0		
	21	17/05/2016 10:30	0,11	3,49	5,24	0		
	22	17/05/2016 19:15	0,11	3,37	5,32	0		
Bourbouillet	755 23/06	25/05/2016 00:00	2	18/05/2016 03:15				
			3	18/05/2016 11:15				
			4	18/05/2016 19:15	0,21	3,36	7,35	0
			5	19/05/2016 03:15				
			6	19/05/2016 11:15				
			7	19/05/2016 19:15				
			8	20/05/2016 03:15	0,1	3,61	4,22	0
			9	20/05/2016 11:15	0,11	3,68	5,14	0
			10	20/05/2016 19:15	0,12	3,64	5,1	0
			11	21/05/2016 03:15				
			12	21/05/2016 11:15				
		13	21/05/2016 19:15					
		14	22/05/2016 03:15					
		15	22/05/2016 11:15					
		16	22/05/2016 19:15					
		17	23/05/2016 03:15					
		18	23/05/2016 11:15					
		19	23/05/2016 19:15					
		20	24/05/2016 03:15					
		21	24/05/2016 11:15					
		22	24/05/2016 19:15					
		23	25/05/2016 03:15					
24	25/05/2016 11:15	0,4	3,63	14,56	0			
Bourbouillet		01/06/2016 00:00	1	25/05/2016 11:49				
			2	25/05/2016 19:49	0,13	3,37	5,44	0
			3	26/05/2016 03:49	0,14	3,49	4,68	0
			4	26/05/2016 11:49	0,13	3,46	4,58	0
			5	26/05/2016 19:49	0,13	3,3	4,31	0
			6	27/05/2016 03:49	0,11	3,45	3,95	0
			7	27/05/2016 11:49				
			8	27/05/2016 19:49	0,12	3,34	4,02	0
			9	28/05/2016 03:49	0,11	3,14	3,95	0
			10	28/05/2016 11:49	0,12	3,29	4,05	0
			11	28/05/2016 19:49	0,13	3,17	4,58	0
			12	29/05/2016 03:49	0,13	3,14	4,26	0
			13	29/05/2016 11:49	0,14	3,24	4,65	0
			14	29/05/2016 19:49	0,15	3,12	4,8	0
			15	30/05/2016 03:49	0,1	3,36	3,52	0
			16	30/05/2016 11:49	0,13	3,57	3,84	0
			17	30/05/2016 19:49	0,43	3,67	14,95	0,04
			18	31/05/2016 03:49	0,14	3,48	3,79	0
			19	31/05/2016 11:49	0,12	3,49	3,47	0
			20	31/05/2016 19:49	0,16	3,29	4,75	0
			21	01/06/2016 03:49	0,16	3,34	3,95	0
			22	01/06/2016 13:40	0,08	3,36	1,87	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

			1	10/05/2016 19:30	0,11	0	2,94	0
			2	11/05/2016 03:30	0,1	0	3,12	0
			3	11/05/2016 11:30	0,15	0	3,73	0
			4	11/05/2016 19:30				
			5	12/05/2016 03:30				
			6	12/05/2016 11:30				
			7	12/05/2016 19:30	0,26	0,23	12,85	0
			8	13/05/2016 03:30	0,23	0,9	12,06	0
			9	13/05/2016 11:30	0,18	0,57	9,46	0
			10	13/05/2016 19:30	0,15	0,58	8,09	0
			11	14/05/2016 03:30	0,15	0,64	7,69	0
			12	14/05/2016 11:30	0,19	0,64	7,28	0
			13	14/05/2016 19:30	0,16	0,58	6,66	0
			14	15/05/2016 03:30	0,14	0,62	5,63	0
			15	15/05/2016 11:30	0,15	0,71	6,02	0
			16	15/05/2016 19:30	0,14	0,59	5,24	0
			17	16/05/2016 03:30	0,13	0,8	5,4	0
			18	16/05/2016 11:30	0,14	0,8	5,38	0
			19	16/05/2016 19:30	0,14	0,83	5,21	0
			20	17/05/2016 03:30	0,13	0,84	5,13	0
			21	17/05/2016 11:30	0,13	0,87	7,89	0
			22	17/05/2016 19:30	0,13	0,81	4,5	0
		01/06/2016						
			1	17/05/2016 19:30	0,13	0,71	4,41	0
			2	18/05/2016 03:30	0,13	0,77	4,45	0
			3	18/05/2016 11:30	0,14	0,74	5,07	0,06
			4	18/05/2016 19:30	0,14	0,69	5,06	0
			5	19/05/2016 03:30	0,21	0,8	5,68	0
			6	19/05/2016 11:30	0,15	0,75	5,2	0
			7	19/05/2016 19:30	0,22	0,76	5,85	0
			8	20/05/2016 03:30	0,12	0,66	3,88	0
			9	20/05/2016 11:30	0,14	0,63	4,91	0
			10	20/05/2016 19:30	0,13	0,53	4,12	0
			11	21/05/2016 03:30	0,12	0,51	3,84	0
			12	21/05/2016 11:30	0,13	0,44	4,18	0
			13	21/05/2016 19:30	0,17	0,38	5,12	0
			14	22/05/2016 03:30	0,11	0,33	3,66	0
			15	22/05/2016 11:30	0,12	0,3	3,79	0
			16	22/05/2016 19:30	0,12	0,2	3,54	0
			17	23/05/2016 03:30	0,12	0,17	3,88	0
			18	23/05/2016 11:30	0,13	0,11	3,8	0
			19	23/05/2016 19:30	0,13	0,1	3,7	0
			20	24/05/2016 03:30	0,12	0,07	4,01	0
			21	24/05/2016 11:30	0,13	0,07	4,22	0
			22	24/05/2016 19:30	0,12	0,05	3,76	0
			23	25/05/2016 03:30	0,14	0,84	5,31	0
			24	25/05/2016 11:30	0,14	0,77	5,31	0
Ranc d'Avène	23-juin-16							
Chassezac confluence Ardèche	30-juin			21/05/2016 12:00	0,14	0	4,32	0
Chassezac Selve	30-juin			21/05/2016 12:00	0,16	0	5,58	0
Beaume (Peyroche)	27-juin			17/05/2016 18:30	0,16	0,03	3,8	0
Puits des Fontaines (Gerbial)	27-juin			30/05/2016 13:30	0,38	0	2,11	0
P5 (Gerbial)	27-juin			30/05/2016 14:20	0,08	0	2,39	0
P3 (Gerbial)	27-juin			30/05/2016 14:35	0,09	0,06	1,75	5
Chassezac Gerbial	27-juin			17/05/2016 16:30	0,2	0	5,86	0
Chassezac Digue	27-juin			21/05/2015 12:50	0,16	0,04	4,89	0
				30/05/2016 11:55	0,23	0,06	5,9	0,5
				23/05/2016 16:05	0,2	0	5,68	0
				17/05/2016 18:00	0,27	0,08	7,37	0
				22/05/2016 00:00	0,2	0,05	6,08	0,1
Chassezac amont Rocher de la Vierge	27-juin			23/05/2016 15:50	0,2	0	5,66	0
Chassezac Rocher de la Vierge	27-juin			21/05/2016 12:30	0,17	0,03	5,7	0
				22/05/2016 00:00	0,21	0,01	6,51	0,1
Source RG Grospierres	27-juin			22/05/2016 00:00	0,1	0	3,23	0,16
Source de la Digue	27-juin			17/05/2016 18:00	0,06	0,77	2,61	0
Source de Fontgraze	27-juin			17/05/2016 10:20	0,18	0	8,12	0
Puits Pelouse	27-juin			22/05/2016 00:00	0,15	0,01	5,71	0,8
Tirbirou	27-juin			17/05/2016 17:30	0,09	2,11	3,56	0
Font la Douce	27-juin			22/05/2016 00:00	0,05	0,01	2,01	0
Source de Bourgène	27-juin			23/05/2016 18:00	0,1	0	2,55	0
				17/05/2016 18:20	0,04	0	1,25	0
Source d'Espeluche	30-juin			13/05/2016 09:30	0,14	1,29	5,6	0,5
	27-juin			17/05/2016 17:00	0,07	0,5	2,64	0,05
Font-Méjanne	30-juin			13/05/2016 15:50	0,13	0	7,4	0
Event des Cascades	30-juin			13/05/2016 15:50	0,11	0	4,88	0
Forage F1 Gerbial	30-juin			30/05/2016 11:35	0,59	0	3,1	0,4
				30/05/2016 12:25	0,52	0	3,08	0

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Ruisseau des Fontaines	27-juin	25 06 2016	1	17/05/2016 20:19	0,17	0	5,01	0
			2	18/05/2016 04:19	0,18	0,12	5,02	0
			3	18/05/2016 12:19	0,14	0	3,99	0,49
			4	18/05/2016 20:19	0,14	0	4,07	0
			5	19/05/2016 04:19	0,15	0	4,13	0
			6	19/05/2016 12:19	0,16	0	4,08	0,5
			7	19/05/2016 20:19	0,2	0	5,41	0
			8	20/05/2016 04:19	0,17	0	5,44	0
			9	20/05/2016 12:19	0,16	0	4,58	0
			10	20/05/2016 20:19	0,15	0	3,74	0
			11	21/05/2016 04:19	0,13	0	3,62	0
			12	21/05/2016 12:19	0,14	0	3,54	0
			13	21/05/2016 20:19	0,13	0	3,44	0
			14	22/05/2016 04:19	0,17	0	4,71	0
			15	22/05/2016 12:19	0,15	0	3,82	0
			16	22/05/2016 20:19	0,16	0	3,82	0
			17	23/05/2016 04:19	0,25	0	3,51	0
			18	23/05/2016 12:19	0,44	0	4,53	0
			19	23/05/2016 20:19	0,42	0	3,4	0
			20	24/05/2016 04:19	0,58	0	3,37	0
			21	24/05/2016 12:19	0,75	0	4	0
			22	24/05/2016 20:19	0,65	0	3,66	0
			23	25/05/2016 04:19	0,73	0	3,55	0
		24	25/05/2016 12:19	0,65	0	3,51	0	
		1	25/05/2016 22:19	0,65	0	3,33	0	
		2	26/05/2016 06:19	0,79	0	3,71	0	
		3	26/05/2016 14:19	0,65	0	5,32	0	
		4	26/05/2016 22:19	0,64	0	3,75	0,5	
		5	27/05/2016 06:19	0,6	0	3,47	0	
		6	27/05/2016 14:19					
		7	27/05/2016 22:19	0,53	0	3,56	0	
		8	28/05/2016 06:19	0,53	0	3,36	0	
		9	28/05/2016 14:19	0,46	0	3,12	0	
		10	28/05/2016 22:19	0,58	0,05	3,21	0	
		11	29/05/2016 06:19	0,51	0,15	3,75	0	
		12	29/05/2016 14:19	0,54	0,09	3,76	0	
		13	29/05/2016 22:19	0,45	0	4,27	0	
		14	30/05/2016 06:19	0,44	0	4,45	0	
		15	30/05/2016 14:19	0,42	0,1	3,04	0	
		16	30/05/2016 22:19	0,43	0,23	3,22	0	
		17	31/05/2016 06:19	0,37	0,1	3,05	0	
		18	31/05/2016 14:19	0,4	0,32	3,52	0	
		19	31/05/2016 22:19	0,34	0,47	3,06	0	
		20	01/06/2016 06:19	0,39	0,46	3,43	0,87	
		1	01/06/2016 14:19	0,34	0,12	3,37	0	
		2	01/06/2016 22:19	0,34	0,03	3,45	0	
		3	02/06/2016 06:19	0,35	0,22	4,03	1,46	
		4	02/06/2016 14:19	0,3	0	3,51	0	
5	02/06/2016 22:19	0,28	0	3,42	0			
6	03/06/2016 06:19	0,27	0,04	3,65	0,3			
7	03/06/2016 14:19	0,22	0,1	3,21	0,2			
8	03/06/2016 22:19	0,24	0,12	3,16	0			
9	04/06/2016 06:19	0,27	0,21	4,46	0			
10	04/06/2016 14:19	0,23	0,28	3,39	0			
11	04/06/2016 22:19	0,24	0,03	3,72	0,06			
12	05/06/2016 06:19	0,24	0,36	3,72	0			
13	05/06/2016 14:19	0,23	0,13	3,64	0			
14	05/06/2016 22:19	0,19	0,06	3,33	1,02			
15	06/06/2016 06:19	0,22	0,04	3,66	0			
16	06/06/2016 14:19	0,18	0,2	3,14	0			
17	06/06/2016 22:19	0,2	0,11	3,47	0			
18	07/06/2016 06:19	0,19	0	3,42	0			
19	07/06/2016 14:19	0,21	0,18	3,66	0			
20	07/06/2016 22:19	0,23	0,08	4,32	0			
21	08/06/2016 06:19	0,21	0,01	4,27	0,05			
22	08/06/2016 14:19	0,27	0,09	6,37	0,19			
23	08/06/2016 22:19	0,19	0,05	3,36	0			
24	09/06/2016 06:19	0,16	0	3,1	0			
		10 06 2016						

Etude d'identification et préservation des ressources souterraines stratégiques pour l'alimentation en eau potable du bassin versant de l'Ardèche - Phase 2

Ranc d'Avène	23-juin-16	01/06/2016	1	10/05/2016 19:30	0,11	0	2,94	0
			2	11/05/2016 03:30	0,1	0	3,12	0
			3	11/05/2016 11:30	0,15	0	3,73	0
			4	11/05/2016 19:30				
			5	12/05/2016 03:30				
			6	12/05/2016 11:30				
			7	12/05/2016 19:30	0,26	0,23	12,85	0
			8	13/05/2016 03:30	0,23	0,9	12,06	0
			9	13/05/2016 11:30	0,18	0,57	9,46	0
			10	13/05/2016 19:30	0,15	0,58	8,09	0
			11	14/05/2016 03:30	0,15	0,64	7,69	0
			12	14/05/2016 11:30	0,19	0,64	7,28	0
			13	14/05/2016 19:30	0,16	0,58	6,66	0
			14	15/05/2016 03:30	0,14	0,62	5,63	0
			15	15/05/2016 11:30	0,15	0,71	6,02	0
			16	15/05/2016 19:30	0,14	0,59	5,24	0
			17	16/05/2016 03:30	0,13	0,8	5,4	0
			18	16/05/2016 11:30	0,14	0,8	5,38	0
			19	16/05/2016 19:30	0,14	0,83	5,21	0
			20	17/05/2016 03:30	0,13	0,84	5,13	0
			21	17/05/2016 11:30	0,13	0,87	7,89	0
			22	17/05/2016 19:30	0,13	0,81	4,5	0
			1	17/05/2016 19:30	0,13	0,71	4,41	0
			2	18/05/2016 03:30	0,13	0,77	4,45	0
3	18/05/2016 11:30	0,14	0,74	5,07	0,06			
4	18/05/2016 19:30	0,14	0,69	5,06	0			
5	19/05/2016 03:30	0,21	0,8	5,68	0			
6	19/05/2016 11:30	0,15	0,75	5,2	0			
7	19/05/2016 19:30	0,22	0,76	5,85	0			
8	20/05/2016 03:30	0,12	0,66	3,88	0			
9	20/05/2016 11:30	0,14	0,63	4,91	0			
10	20/05/2016 19:30	0,13	0,53	4,12	0			
11	21/05/2016 03:30	0,12	0,51	3,84	0			
12	21/05/2016 11:30	0,13	0,44	4,18	0			
13	21/05/2016 19:30	0,17	0,38	5,12	0			
14	22/05/2016 03:30	0,11	0,33	3,66	0			
15	22/05/2016 11:30	0,12	0,3	3,79	0			
16	22/05/2016 19:30	0,12	0,2	3,54	0			
17	23/05/2016 03:30	0,12	0,17	3,88	0			
18	23/05/2016 11:30	0,13	0,11	3,8	0			
19	23/05/2016 19:30	0,13	0,1	3,7	0			
20	24/05/2016 03:30	0,12	0,07	4,01	0			
21	24/05/2016 11:30	0,13	0,07	4,22	0			
22	24/05/2016 19:30	0,12	0,05	3,76	0			
23	25/05/2016 03:30	0,14	0,84	5,31	0			
24	25/05/2016 11:30	0,14	0,77	5,31	0			